BEA-TT
Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

les rapports

Rapport d'enquête technique

sur l'accostage brutal

du train 117 120 Château-Thierry - Paris

en gare de Paris-Est

survenu le 05 avril 2007

décembre 2007



Conseil Général des Ponts et Chaussées

Le 10 décembre 2007

Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

Affaire n°BEATT-2007-004

Rapport d'enquête technique sur l'accostage brutal du train 117 120 Château-Thierry - Paris en gare de Paris-Est survenu le 05 avril 2007

Bordereau documentaire

Organisme (s) commanditaire (s) : Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables ; MEDAD

Organisme (s) auteur (s) : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre ; BEA-TT

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur l'accostage brutal du train 117 120 Château-Thierry - Paris en gare de Paris-Est survenu le 05 avril 2007

N°ISRN : EQ-BEATT--07-10-FR

Proposition de mots-clés : Accident, transport de personnes, frein, heurtoir, sécurité, formation...

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre du titre III de la loi n°2002-3 du 3 janvier 2002, et du décret n°2004-85 du 26 janvier 2004, relatifs aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents, en déterminant les circonstances et les causes de l'évènement analysé, et en établissant les recommandations de sécurité utiles. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

Sommaire

ANNEXES 47

Glossaire

- **Carré :** signal ferroviaire protégeant principalement un point de la voie qui ne doit pas être franchi s'il est fermé
- **CG (conduite générale)** : conduite d'air comprimé équipant tous les véhicules ferroviaires freinés assurant deux fonctionnalités : transmission des commandes de freinage ou de défreinage (dans le cas d'une commande pneumatique simple) et transmission de l'air nécessaire à l'énergie de freinage. En cas de rupture de cette conduite d'air, le freinage d'arrêt du train se déclenche automatiquement.
- **EIMM** : Etablissement Industriel de Maintenance du Matériel
- **EMN (examen mécanique) :** opération de maintenance la plus fréquente du matériel roulant consistant à vérifier les organes de roulement (essieux, bogies), les organes d'exécution du frein pneumatique, les organes d'attelage et de liaison bogies-caisses-véhicules, les appareillages fixés sous caisse.
- **Enrayage** : l'enrayage d'un véhicule ferroviaire se produit lors d'une séquence de freinage si les roues se bloquent à cause d'une adhérence insuffisante des roues sur les rails ; dans ce cas, la distance d'arrêt du véhicule est augmentée.
- **GVG (grande visite générale) :** opération de maintenance préventive du matériel roulant.
- **IPCS (installation permanente de contre-sens) :** les lignes à fort trafic peuvent être équipées d'installations de signalisation permettant aux trains de circuler dans les deux sens sur chaque voie. Ces installations se substituent aux procédures spéciales et empêchent les situations interdites telles que deux circulations ferroviaires de sens contraire sur la même voie.
- **KVB (contrôle de vitesse par balise) :** système de contrôle de vitesse des trains devant garantir l'arrêt des circulations ferroviaires avant les signaux d'arrêt fermés (ou en tout état de cause avant le point protégé) et devant garantir le respect des vitesses limites permanentes ou temporaires imposées par la signalisation ou par le livret de la marche des trains.
- **PK** : Point Kilométrique
- **VG (visite générale) :** opération de maintenance préventive du matériel roulant.

Résumé

Le jeudi 05 avril 2007 à 08h23, le train « transilien » n° 117 120 constitué d'une unité double d'éléments automoteurs Z2N, assurant la mission Château-Thierry - Paris, percute à faible vitesse le heurtoir de la voie 21 de la gare de Paris-Est. Ce train circulait sur son étape terminale Meaux-Paris exceptionnellement chargé (largement au delà de 2 200 voyageurs) du fait de perturbations survenues à des trains précédents.

Cinquante-huit blessés légers sont pris en charge par les services de secours.

Les dégâts matériels sont limités à la détérioration du heurtoir de la voie 21 et aux organes de tête et intermédiaires du train.

L'infrastructure ferroviaire est hors de cause. Le conducteur s'est efforcé de résorber le retard pris au départ de Meaux en gagnant 16% sur le temps de parcours dans le respect des règles de conduite. Bien qu'ayant franchi correctement la dernière balise KVB (contrôle de vitesse par balise) en fin de quai d'arrivée, et en ayant le souci d'éviter le déblocage des portes voyageurs (seuil de 6 km/h), le conducteur déclenche tardivement le freinage final. Se rendant compte qu'il risque de ne pas pouvoir s'arrêter à temps, celui-ci commande le serrage à fond de sa rame au lieu d'engager le serrage d'urgence (appui sur le bouton poussoir d'urgence) qui aurait pu réduire la distance d'arrêt.

Les causes identifiées de l'accident sont les suivantes :

- la réalisation d'un freinage tardif,
- l'omission de l'utilisation du freinage d'urgence,
- la réduction de puissance de freinage par un bogie inactif en freinage parmi les seize,
- la rigidité des heurtoirs de fin de voie de la gare de Paris-Est qui a accru la brutalité du choc supporté par les voyageurs.

Un doute peut subsister sur la qualité de la manipulation du frein quant à la bonne réalimentation des équipements de frein. A la suite de cas avérés où le frein a été partiellement épuisé, le processus de retour d'expérience mis en oeuvre par la SNCF pour sensibiliser les conducteurs s'est étalé sur une période qui apparaît excessivement longue.

L'examen des conditions de survenue de cet accident amène à émettre les recommandations dans les domaines suivants :

- la prise en compte des particularités de la commande du freinage (serrage à fond et serrage d'urgence) dans les référentiels de conduite et de formation,
- l'amélioration de l'ergonomie de la commande du freinage pour les futurs automoteurs,
- la prise en compte plus rapide du retour d'expérience dans la formation continue des conducteurs,
- les critères de vitesse assurant le blocage-déblocage des portes voyageurs,
- l'équipement en dispositifs amortisseurs des fonds de voie de la gare de Paris-Est.

1- Engagement de l'enquête

Le jeudi 05 avril 2007 à 08h23, le train « Transilien » n° 117 120 assurant la mission Château-Thierry - Paris percute à faible vitesse le heurtoir de la voie 21 de la gare de Paris-Est (annexe 2). Ce train circulait sur son étape terminale à pleine capacité (largement au delà de 2 200 voyageurs).

Cinquante-huit blessés légers ont dû être pris en charge par les services de secours.

Au vu des circonstances de cet accident, le Directeur du BEA-TT a décidé d'engager une enquête technique réalisée dans le cadre du titre III de la loi n°2002-3 du 3 janvier 2002, et du décret n°2004-85 du 26 janvier 2004, relatifs aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre (annexe 1).

2- Constats immédiats et organisation de l'enquête

2.1- Circonstances de l'accident

Le train 117 120 est composé de deux éléments automoteurs électriques à deux niveaux (dits « Z2N », de type Z 20500). Chaque élément est constitué de deux motrices « Z » à chaque extrémité encadrant deux remorques « ZR ». La composition du train est la suivante, en tête côté Paris et en queue côté province.

Paris	***Z 20 821***	***ZR 201 821***	***ZR 202 821***	***Z 20 822***	***Z 20 832***	***ZR 202 831***	***ZR 201 831***	***Z 20 831***	***province***
	élément 161A				élément 166A				

Le train a quitté sa gare d'origine Château-Thierry à l'heure prévue, à 07h02. L'horaire prévu de sa marche jusqu'à Paris-Est est le suivant :

	Arrivée	***Départ***
Château-Thierry		07 h 02
Chézy/Marne	07 h 07	07 h 08
Nogent l'Artaud	07 h 11	07 h 12
Nanteuil-Saâcy	07 h 18	07 h 18 min 30 sec.
La Ferté-sous-Jouarre	07 h 24	07 h 25
Changis-St-Jean	07 h 30	07 h 30 min 30 sec.
Trilport	07 h 35	07 h 36
Meaux	07 h 41	07 h 43
Paris-Est	08 h 12	

A Meaux, le train est retenu car la voie en aval n'a pas été libérée par le train précédent qui stationne en gare d'Esbly du fait de difficultés de traction. Pendant ce stationnement prolongé, de nouveaux voyageurs montent à bord du train 117 120, qui devient ainsi bondé (largement au delà de 2 200 voyageurs). Le départ de Meaux s'effectue à 07h59 avec un retard de 16 minutes en circulant sur voie 1 en IPCS* de la jonction de Villenoy jusqu'au pk* 35,3 d'Esbly ; le train circule ensuite normalement sur la voie 2, puis rentre en gare de Paris-Est via le carré* 2134, puis le carré 95 et enfin la voie 21.

Le train a circulé à « voie libre », puis a effectué sa séquence de ralentissement à 30 km/h, à partir du pk 1,039 comme prévu. La vitesse du train, contrôlée par les différentes balises KVB* rencontrées, a respecté les limites imposées, y compris pour la dernière balise située à 27,3 mètres du heurtoir où la vitesse de contrôle est de 12 km/h.

Le train rattrape une partie de son retard, qui n'est plus que de onze minutes à l'arrivée à Paris-Est. Après un dernier parcours sur l'erre, tandis que les voyageurs, pour la plupart debout, s'apprêtent à vouloir descendre du train (lorsque les portes seront déverrouillées), le conducteur donne son coup de frein final et vient percuter le heurtoir à une vitesse approximative de 4,5 km/h. Le choc lui ayant semblé inévitable, le conducteur s'est levé de son siège et s'est arc-bouté sur son siège pour amortir le choc. L'arrêt brutal du train provoque la chute de nombreux voyageurs ; le heurt contre des obstacles fixes à l'intérieur du train occasionne aux voyageurs des fractures de

* Terme figurant au glossaire

membres et des lésions cervicales.

Le choc a eu lieu à 08h23.

2.2- Secours

Conscient de la situation, le conducteur appelle à 08h24 par la radio sol-train le chef de circulation du poste 1 de Paris-Est pour lui signifier qu'il a percuté le heurtoir et qu'il faut appeler les secours. Compte tenu du nombre de voyageurs pouvant être impliqués, la plan rouge est déclenché.

2.3- Conséquences humaines et matérielles

Soixante et onze personnes ont été prises en charge par les services de secours : 58 évacuées vers les hôpitaux et 13 sont parties après avoir reçu des soins sur place.

Le conducteur n'a pas été blessé, mais a été fortement choqué par cet événement ; il a été placé en arrêt médical.

La traverse en bois du heurtoir a éclaté et le socle en béton s'est fissuré. Pour la rame, les tampons, les marche-pieds de bout et le coupleur sont avariés ; certains organes de liaison intercaisses sont déformés, toutefois la traverse de tête du châssis semble encore en état.

Il est constaté que le bogie arrière de la première remorque de tête (ZR 201821) ne serre pas, tandis que tous les autres bogies sont serrés.

Une fois la rame évacuée par ses voyageurs et les premiers constats effectués, la rame est acheminée de façon autonome vers son dépôt d'attache (Unité de production de Noisy-le-Sec), après que les essais de frein réglementaires aient été réalisés avec succès.

2.4- Organisation de l'enquête technique

Les enquêteurs techniques ont eu accès au matériel roulant impliqué pour pratiquer les différents essais décrits dans le présent rapport : marche de reconstitution, vérifications du fonctionnement du frein de l'élément automoteur impliqué à l'atelier titulaire de sa maintenance, simulation d'épuisabilité partielle du frein, dépose de l'organe de commande du frein (manipulateur TM 606) et contrôle de son fonctionnement à l'atelier de Saint-Pierre-des-Corps.

La marche de reconstitution s'est déroulée avec le conducteur impliqué, et celui-ci a pu expliquer comment cette circulation 117 120 du 05 avril s'est effectuée selon lui.

Les spécialistes du Matériel ont été consultés : le freiniste du Centre d'Ingénierie du Matériel (Le Mans), le responsable de la série Z2N à l'atelier directeur de la série Z2N à Saint-Pierre-des-Corps, les responsables de la maintenance de ce matériel à l'établissement de Noisy-le-Sec, les responsables de la Direction du Matériel.

En ce qui concerne l'aspect conduite, les dirigeants de proximité « Traction » du conducteur concerné ont été sollicités, ainsi que les responsables « produit transilien Z2N » de la Direction de la Traction.

Les enquêteurs ont travaillé avec le spécialiste « exploitation » de la région SNCF de Paris-Est pour les aspects « conditions de circulation » du train concerné.

Cet accident ayant aussi fait l'objet d'une enquête judiciaire, les essais effectués sur le matériel roulant ont été conduits conjointement par les experts techniques et judiciaires.

3- Eléments de contexte

3.1- L'accès à la gare de Paris-Est

La gare de Paris-Est est tête de ligne pour les destinations de l'est de la France (Charleville, Metz, Nancy, Strasbourg, Mulhouse) ainsi que leurs différentes antennes nationales et internationales. Le train qui a heurté le butoir de la voie 21 circulait en provenance de Château-Thierry, gare située sur la ligne de Paris à Strasbourg à 94 km de Paris.

La gare de Paris-Est comprend trente voies à quais dont l'accès en provenance de la banlieue ou de la province est limitée à 30 km/h. Elle dispose en outre de neuf voies en avant-gare dont certaines sont banalisées, c'est-à-dire qu'elles peuvent être parcourues indifféremment dans un sens ou dans un autre. Ces installations sont placées sous la commande et le contrôle d'un poste d'aiguillage type PRS (Poste tout Relais à transit Souple) de 650 itinéraires. Certaines des voies à quais sont neutralisées le jour de l'accident dans le cadre des travaux liés à la mise en service prochaine du TGV-Est-Européen, mais cette restriction temporaire de capacité n'a pas eu de conséquence directe ou indirecte sur l'accident.

3.2- Le matériel roulant, les automotrices à 2 niveaux Z2N

Les éléments automoteurs Z 20501 à Z 20888 comportent quatre ou cinq caisses : deux ou trois remorques encadrées par deux caisses motrices disposant aussi d'espaces voyageurs (le diagramme figure en annexe 3). Ce matériel a été construit pendant la période 1988 / 1998. La capacité en charge normale d'un élément « 4 caisses » est de 1 064 voyageurs, soit 2 128 voyageurs pour un train comme le 117 120.

3.3- Le système de freinage des automotrices Z2N

Les performances de freinage sont celles habituellement retenues pour ce genre de matériels automoteurs, soit une capacité de décélération de l'ordre de 0,7 m/sec^2 quels que soient la charge de la rame et l'état du rail.

Les motrices sont équipées d'un système de freinage qui conjugue le frein électrique par récupération et le frein pneumatique assuré par des semelles en métal fritté à haut coefficient de frottement capable d'assurer la totalité de la performance de freinage demandée à chaque motrice. Afin de réduire la consommation d'énergie, le freinage des motrices est assuré en priorité en freinage électrique par récupération, les moteurs de traction fonctionnant en génératrice.

L'équipement de freinage des motrices est en outre complété par un dispositif antienrayeur* permettant, par un glissement contrôlé des essieux, d'utiliser au mieux l'adhérence instantanément disponible. Les équipements de frein des bogies moteurs, qui reçoivent les deux commandes, obéissent en priorité aux ordres électriques et freinent électriquement comme indiqué ci-dessus. Néanmoins, en l'absence de réception d'ordres électriques, le freinage de chaque bogie moteur est assuré pneumatiquement à partir de la conduite générale d'air comprimé.

Les remorques disposent d'un équipement de freinage à friction qui associe des freins à disques calés sur les axes d'essieux et des semelles, d'origine en fonte P 14, s'appliquant sur les roues. Le freinage des remorques, uniquement pneumatique, est piloté par la pression dans la conduite générale.

La commande des différents équipements de freinage s'effectue à l'aide d'un manipulateur de frein de type analogique qui règle le niveau de la pression dans la conduite générale d'air comprimé proportionnellement au déplacement du manipulateur de frein. Ce manipulateur agit simultanément

* Terme figurant dans le glossaire

sur les deux commandes électrique et pneumatique, le principe étant d'exploiter au maximum le frein électrique des motrices. Cette gestion simultanée du freinage électrique et du freinage pneumatique a été permise par l'implantation de ce nouveau manipulateur de frein, dont le nom de code est « TM 606 ».

Les consignes d'effort de freinage transmises par la ligne de train sont corrigées par des « relais autovariables » en fonction de la charge au niveau de chaque bogie, de façon à solliciter uniformément l'adhérence. L'objectif est d'obtenir une performance de freinage constante, quelle que soit la charge ; la surcharge maximum prévue contractuellement est de 10 voyageurs/m^2, ce qui est physiquement inaccessible et offre donc une importante marge de sécurité.

3.4- Le manipulateur de frein linéaire TM 606

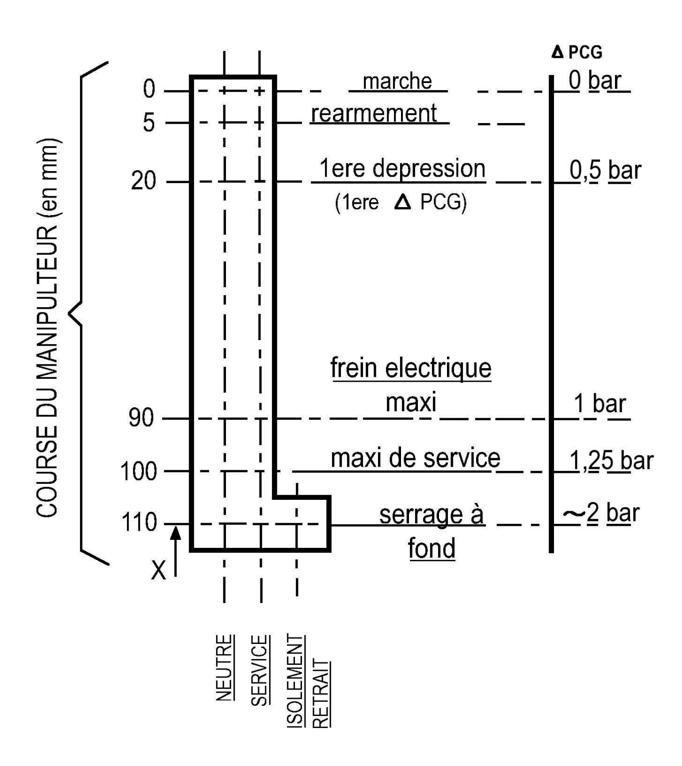
Comme indiqué au paragraphe précédent, le manipulateur de frein TM 606 permet de commander simultanément le frein pneumatique et le frein électrique. L'annexe 11 montre l'implantation de ce manipulateur sur le pupitre de conduite de l'engin moteur. La photo de l'annexe 14 montre une vue éclatée du manipulateur que le conducteur déplace de façon linéaire, entraînant une vis sans fin qui, par un jeu d'engrenages, entraîne à son tour un arbre à cames et un commutateur rotatif fixé en bout d'arbre. Les cames et le commutateur rotatif agissent sur les divers contacts qui commandent simultanément le frein pneumatique et le frein électrique.

Ce manipulateur de frein est en service sur plusieurs familles d'engins :

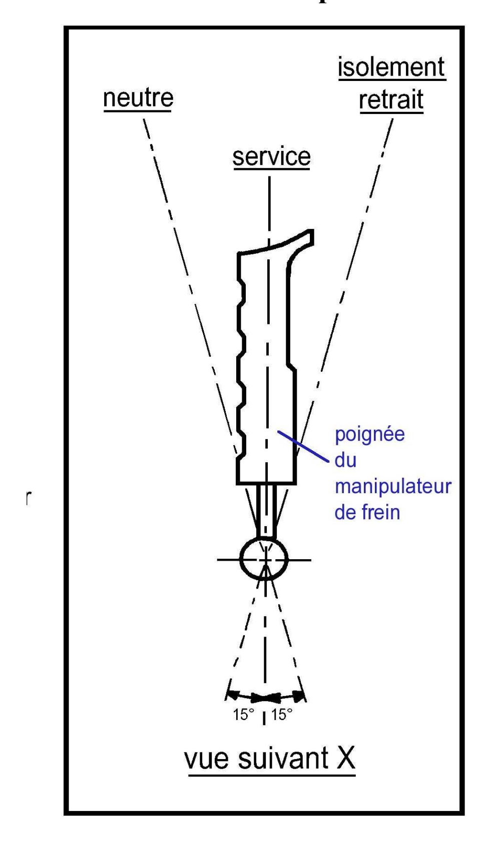
- automotrices de l'Ile de France Z2N : Z 5600, Z 8800, Z 20500, Z 20900, Z 92050,
- automotrices TER : Z2N 92 050, TER 2N PG (Z 23500), TER 2N NG (Z 24500 et Z 26500).

La première mise en service des Z 5600 a eu lieu au cours de l'année 1983 ; ce qui signifie que ce manipulateur est utilisé par les conducteurs depuis 24 ans. Le schéma ci-dessous décrit les différentes séquences de freinage en fonction de la course du levier.

Vue en plan de la platine du manipulateur de frein - correspondance déplacement du levier



Fonctionnalités commandées par l'inclinaison du levier du manipulateur



Ce manipulateur permet d'accéder directement aux positions « neutre », « service » et « isolement-retrait ».

Les positions réarmement, première dépression CG*, effort maximum de freinage de service sont matérialisées par un léger crantage. Hormis ce crantage, aucune autre indication ne figure sur le pupitre de la cabine de conduite.

Le frein électrique est maximum à une position non crantée correspondant à un déplacement de 90 mm. Il le restera jusqu'à la position maximum de service.

Dès que le levier quitte la position « maxi de service » dans le sens du serrage, le frein électrique est mis hors service et le freinage pneumatique atteint sa valeur maximale (serrage à fond)[1].

S'il est nécessaire de déclencher le freinage d'urgence, le conducteur enfonce le bouton poussoir d'urgence (BP URG rouge visible sur l'annexe 11) qui assure une mise à l'atmosphère directe de la conduite générale et produit l'effort maximal de retenue. A noter que ce bouton poussoir d'urgence est indépendant de l'équipement de commande du frein TM 606.

---

* Terme figurant dans le glossaire

1 En « serrage à fond » comme en « serrage d'urgence », le frein électrique est mis hors service car la totalité de la puissance de freinage est délivrée par la voie pneumatique. Cette disposition conceptuelle peut surprendre, mais la raison profonde est que la performance de freinage de ce matériel est contractuellement garantie par le freinage pneumatique, compte tenu que le fonctionnement du freinage électrique n'est pas « conçu en sécurité ». En freinage de service normal, le frein électrique est d'une bonne contribution aux économies de matières et d'énergie. Certains matériels très sophistiqués disposent d'un freinage électrique « conçu en sécurité », et dans ce cas, la contribution de ce frein électrique est prise en compte dans les situations d'arrêt d'urgence.

La position isolement-retrait ne peut être obtenue qu'en tirant le manipulateur en butée vers soi (donc en passant par le serrage à fond) et en inclinant le manipulateur de 15° vers la droite par rapport à la verticale.

Sur la position neutre, le manipulateur ne peut être déplacé que dans le sens serrage. Cette position « neutre » est utilisée lors des séquences d'essais de frein : le système de freinage du train est isolé de son alimentation en air comprimé afin que son étanchéité soit vérifiée. Cette position est rappelée par l'allumage d'une lampe située à gauche sur la platine du manipulateur de frein.

3.5- Règles d'utilisation du frein ferroviaire

Les différentes règles de conduite appliquées par les conducteurs sont rassemblées dans un ensemble de documents appelés « Référentiel Conducteur de Ligne » (RCL). Le chapitre C traite de sujets techniques dont notamment l'utilisation du frein. L'article C-13.01 « utilisation des freins en cours de route » (principe d'utilisation) indique :

« ...Une cadence trop rapide des manoeuvres alternées de serrage et desserrage conduit à l'épuisement du frein (il faut compter, en moyenne, une minute en position « MARCHE » pour réalimenter les équipements de frein) ».

Dans le cas d'une situation dégradée (bogie serrant indûment qu'il faut isoler ou bogie ne serrant pas détecté lors de l'essai de frein réglementaire), le conducteur doit tenir compte de cette situation pour réduire sa vitesse maximale de circulation selon un barème figurant dans le guide de dépannage « avaries pneumatiques » relatives aux Z2N. Pour le cas d'une rame constituée de deux éléments « quatre caisses », si un bogie sur les seize de la rame ne serre pas, la vitesse maximale de circulation de cette rame est réduite de 140 km/h à 120 km/h (passage de la catégorie « AUTOM-140 km/h » à la catégorie « voyageurs 120 km/h)

3.6- Le concept d'« épuisabilité du frein pneumatique »

Nous expliquons succinctement dans ce paragraphe ce que signifie l'« épuisabilité du frein pneumatique », cette notion étant inhérente au mode de commande du freinage par variation de pression d'air dans une conduite d'air comprimé parcourant tous les véhicules du train.

3.6.1- Généralités

L'exécution du freinage

Les trains sont freinés par la friction de matériaux (semelles en fonte ou en matières composites) mis en contact sur les tables de roulement des roues, et/ou par la friction de garnitures contre des disques calés sur les axes des roues. Les forces pressantes nécessaires sont fournies par de l'air comprimé produit par l'engin moteur ; cet engin moteur peut être équipé aussi d'un freinage électrique (frein rhéostatique ou par récupération). Certains matériels modernes disposent en outre d'un frein magnétique.

La commande de freinage

D'une manière générale pour le matériel ferroviaire européen, la commande du freinage est pneumatique : la propagation d'une variation de pression dans la conduite générale (CG) d'air tout au long du train provoque le serrage de tous les véhicules ou leur desserrage. Les matériels roulants plus récents disposent d'un « frein électropneumatique » (FEP) : une ligne électrique parcourant tout le train synchronise les différents états pneumatiques des véhicules. Les matériels les plus modernes disposent d'une commande du freinage purement électrique (rames du RER RATP : MS 61, MI 84 ; rames du RER RATP et SNCF « MI 79 », « MI2N », future « nouvelle automotrice transilien NAT »), l'énergie du freinage étant toujours fournie par de l'air comprimé.

3.6.2- Le distributeur de frein

Le conducteur commande le freinage de son train à l'aide d'un manipulateur de frein, dispositif pneumatique ou électrique. Les ordres du conducteur sont transmis à un organe pneumatique de commande de l'ensemble du système de freinage de chaque véhicule composant le train : le distributeur.

Le rôle et le principe de fonctionnement de ce distributeur sont exposés succinctement dans l'annexe 13.

3.6.3- Manipulation du frein et processus d'apparition d'un épuisement partiel du frein

L'épuisement du frein peut apparaître lorsque des actions successives de faible amplitude sont imprimées au manipulateur de frein à partir du cran de réarmement, sans que celui-ci soit ramené en position de marche. L'effet d'une telle action est illustrée dans le schéma ci-dessous.

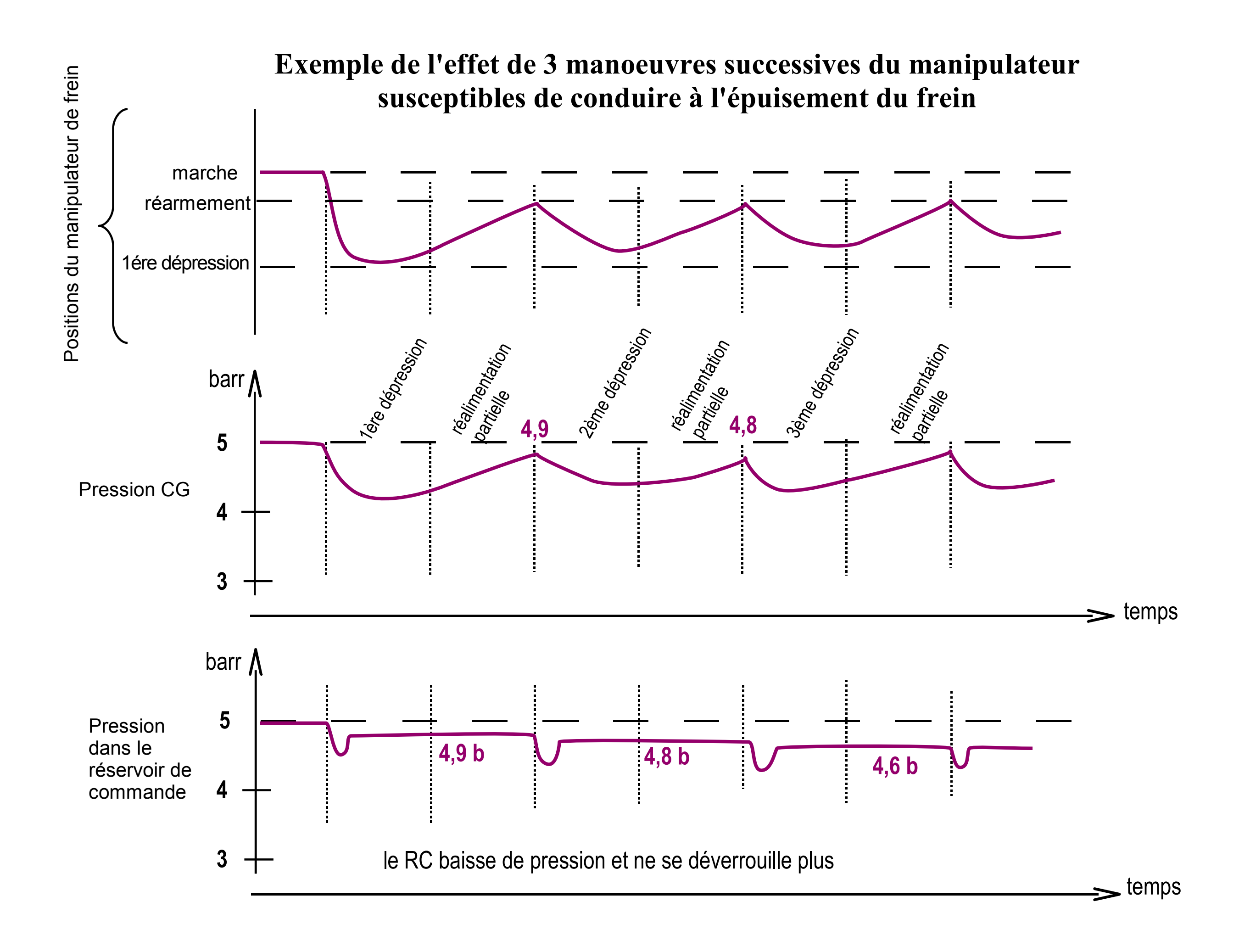
Il est précisé en annexe 13 que le réservoir de commande (RC) sert de « référence pneumatique » pour le fonctionnement du distributeur. Le conducteur déclenche le freinage du train en abaissant la pression de l'air dans la CG. L'action de la valve de coupure distributeur/RC se produit avec un certain délai et, en conséquence, la pression du RC diminue légèrement (ΔpRC = 0,10 bar).

Si le conducteur commande la réalimentation de la CG à 5 bars trop brièvement (quelques secondes), puis relance un nouveau serrage par une nouvelle dépression CG, celui-ci induit dans le RC une nouvelle perte de pression (ΔpRC = 0,10 bar). La pression dans le RC se réduit à 4,8 bars.

Si le conducteur renouvelle sa manipulation de défreinage partiel sans franche réalimentation (pCG remontant à 4,85 bars) suivie d'une nouvelle dépression CG modeste, la pression du RC peut chuter jusqu'à 4,6 bars. Une nouvelle réalimentation partielle de la CG à 4,8 bars ne réalimente plus le RC qui reste à la pression de 4,6 bars. Si le conducteur commande une nouvelle dépression de valeur modeste dans la CG, la pression trop faible du RC ne permet plus à la tige creuse de mettre en communication le RA (réservoir auxiliaire) avec le CF : le cylindre de frein n'est plus alimenté en air, le « frein est épuisé ».

Les conséquences de l'épuisement du frein (pression du RC abaissée à 4,75 bars par exemple) se manifestent de la façon suivante :

- une puissance de freinage insuffisante si la dépression CG commandée par le conducteur est de faible niveau,
- une action retardée dans le cas d'un freinage plus intense car le déverrouillage de la valve de coupure du distributeur nécessitera que la différence de pression RC-CG soit suffisante,
- l'action d'un serrage à fond, tout en conservant son intensité nominale, est mise en oeuvre aussi avec un temps de retard.



Pour freiner son train, le conducteur a toujours la possibilité, même en cas d'épuisement partiel du frein, d'actionner la position « urgence » de sa commande de frein qui vidange l'air de la CG. Quand la pression de la CG s'abaisse suffisamment pour tendre vers la valeur zéro, le RC joue à nouveau son rôle de référence et permet au distributeur de remplir en air (prélevé dans le RA) les cylindres de frein, assurant ainsi le freinage d'urgence.

Certains comportementS du conducteur sont donc susceptibles d'entraîner l'épuisement du frein : la répétition des séquences « défreinages partiels-freinages », en ne réalimentant pas complètement à 5 bars la CG, induit cette réduction significative de pression du RC, et par voie de conséquence, l'épuisement du frein. Lorsque le conducteur se rend compte de cette situation, il doit énergiquement accentuer la dépression CG.

Un tel comportement d'actions répétées sur le freinage sans retour à la position « marche » pourrait correspondre à la recherche d'un confort psychologique apparent lors d'un arrêt progressif dans une gare en cul de sac, en réalisant un freinage continu jusqu'à l'arrêt complet, donnant l'impression d'une meilleure maîtrise de la phase de ralentissement.

4- Compte-rendu des investigations

4.1- Constatations immédiates

4.1.1- Constatations relatives au conducteur

Le conducteur, choqué mais pas blessé, est pris en charge par les services de police ; un contrôle d'alcoolémie est pratiqué, qui se révèle négatif.

4.1.2- Constatations relatives à la circulation du train 117 120

Le train 117 120 a circulé à l'heure de Château-Thierry (07h02) à Meaux (07h41) ; il repart de Meaux à 07h59 avec un retard de 16 minutes et arrive à Paris à 08h23, en retard de onze minutes sur l'horaire théorique.

4.1.3- Constatations relatives à la vitesse de circulation et aux conditions de freinage

Les constatations suivantes sont issues de l'analyse de la bande graphique et de l'unité d'enregistrement des paramètres du KVB, où la vitesse de passage au droit des balises KVB est enregistrée :

- du pk 95 jusqu'au pk 2,0, les vitesses de ligne sont respectées (le matériel roulant ne devant pas dépasser la vitesse de 140 km/h jusqu'à Gagny, 130 km/h de Gagny à Bondy, puis 120 km/h au delà),
- à partir du pk 2,0, la vitesse du train se réduit afin que celui-ci se présente en entrée de gare sans dépasser la vitesse de 30 km/h,
- pk 1,039, début de la zone de vitesse 30 km/h : cette limite est bien respectée,
- balise du pk 0,063 : la vitesse de circulation est de 12 km/h,
- balise du pk 0,027 (dernière balise, dite de « fond de gare ») : la vitesse de circulation est de 10 km/h, pour une vitesse de contrôle de 12 km/h,
- Pk 0,000 (butoir de fond de voie) : le choc a lieu à une vitesse pouvant être inférieure à 7 km/h (la dernière vitesse enregistrée par le KVB est 7 km/h). Cette vitesse de choc ne peut être connue exactement car les informations acquises par l'unité d'enregistrement KVB sont des informations ponctuelles.

Ces constatations font apparaître que les vitesses autorisées en ligne ont été respectées jusque dans les trente derniers mètres (cf annexe 16).

En ce qui concerne la dernière balise KVB rencontrée par le train (située à 27,3 m du heurtoir), sa bonne implantation a été contrôlée (conformité à la directive DES 0258-article 101.3 version n°2 du 30-05-2006). La dernière maintenance de cette balise a été réalisée le 27/06/2006. Le jour de l'accident, le codage a été vérifié et s'est révélé correct.

Le Centre d'Ingénierie du Matériel (CIM) a estimé la vitesse du train au moment du choc sur la base d'un calcul de l'énergie absorbée par les structures de caisse, compte tenu des déformations mesurées : la vitesse au moment du choc serait comprise entre 4 km/h et 5 km/h.

Evaluations complémentaires : l'examen de l'enregistrement de la vidéosurveillance en gare indique un délai de 15 secondes écoulé entre le passage du conducteur au droit des agents de la Surveillance Générale (30 m du heurtoir) et le heurtoir. Un calcul à base de règle de trois indique :

- vitesse du train au droit des agents « surveillance générale » (30 m) = 9,9 km/h.
- vitesse moyenne entre l'abcisse des agent « surveillance générale » (30m) et le heurtoir = 7,2 km/h.

- vitesse lors du choc contre le heurtoir = 4,5 km/h.

4.1.4- Constatations relatives à la voie

La voie 21 fait partie des voies affectées à la réception de ce train. Les derniers travaux qui y ont été effectués remontent au 1er janvier 2007. Comme certaines voies de la gare de Paris-Est, elle est en légère déclivité vers le heurtoir.

L'état de surface du rail est exempt de souillures grasses, et il n'a pas été constaté de traces d'enrayage.

L'écartement et le nivellement de la voie sont dans les normes.

4.1.5- Constatations concernant le matériel roulant

Constatations dans le poste de conduite

Les différents organes de conduite de la cabine sont dans la position suivante :

- la clé du pantographe est retirée et déposée dans la boite de repos,
- le manipulateur de traction est sur la position zéro,
- la manette de frein est retirée de son boîtier et placée dans la boite de repos,
- l'inverseur de traction est sur la position zéro,
- *les boutons poussoir d'urgence du frein ne sont pas enfoncés,*
- la clé de la boite à levier (BL) est déverrouillée sur la serrure BL,
- les visualisateurs du KVB affichent 00 au visualisateur principal, et 000 au visualisateur auxiliaire,
- la radio sol-train est en service et en fonctionnement,
- l'interrupteur du disjoncteur est sur arrêt,
- l'indicateur de « vitesse imposée » indique 120 km/h.

Ces constatations montrent que le conducteur n'a pas actionné le freinage d'urgence.

En ce qui concerne l'armoire basse tension (située dans le panneau arrière de la cabine de conduite) :

- tous les équipements de sécurité sont en service et plombés,
- des coupe-circuits sont déclenchés et plus particulièrement les CC2(CO) et CC2(CO)BA. Ces déclenchements résultent vraisemblablement du choc du coupleur électrique de l'attelage automatique « Scharfenberg » contre le heurtoir. Les explications relatives au rôle et au fonctionnement de ces coupe-circuits figurent en annexe 8.

Constatations sur la rame

Tous les bogies moteurs et porteurs sont serrés après le choc (voyants indicateurs extérieurs au rouge) sauf le bogie porteur de l'extrémité 1 de la caisse n° 201821 (deuxième véhicule depuis la tête du train) présentant le témoin de frein au vert : ce bogie est desserré, bien que le robinet d'isolement de son système de freinage soit en position normale.

Les tampons de la rame sont comprimés ; lorsque la rame a été remise en service pour l'évacuer, les tampons se sont détendus et la rame a légèrement reculé. Le maintien en compression de la rame contre le heurtoir était l'indice que le frein était en action au moment du choc.

L'examen visuel partiel (compte tenu de la faible visibilité à partir des quais hauts) des tables de roulement des roues n'a pas fait apparaître de trace d'enrayage (situation qui allonge les distances d'arrêt en freinage).

4.2- Résumé des témoignages

4.2.1- Déclarations du conducteur

Le conducteur a réalisé les essais de frein avant le départ de Château-Thierry, ceux-ci étant concluants ; ces essais ne révélant pas à l'origine d'anomalie "frein", notamment que les 16 bogies de la rame serraient. Le conducteur a roulé à la vitesse nominale de l'engin (et en respectant les vitesses limites de la ligne) de 140 km/h. La conduite du train et les opérations de freinage pour assurer les différents arrêts se sont effectuées correctement jusqu'à l'entrée en gare de Paris-Est, selon ses dires.

A l'arrivée à Paris-Est, lors du dernier serrage à environ 40 mètres du butoir pour l'arrêt final, il constate qu'il n'y a pas de réaction de la rame (pas d'effort de retenue pour un bar de dépression à la conduite générale) ; ayant gardé la main sur le manipulateur de frein, le conducteur tire immédiatement celui-ci vers lui en position de serrage à fond. Le conducteur se rend compte à ce moment-là que la distance d'arrêt ne sera pas suffisante pour s'arrêter avant le butoir et que le choc sera inévitable. L'annexe 4 établit les positions respectives des poteaux supportant la marquise, de la pendule de quai, des dernières balises KVB et du stationnement des agents de la Surveillance Générale sur le quai, dont le témoignage est cité au paragraphe suivant.

En ce qui concerne l'utilisation du manipulateur de frein, le conducteur a déclaré avoir laissé le manipulateur contre la position « réarmement » dès le pk 2.

Immédiatement après l'arrêt, toujours selon le conducteur, celui-ci baisse les pantographes. Dès ce moment-là, plusieurs signaux d'alarme sont déclenchés, puis des voyageurs sur le quai informent le conducteur qu'il y a des blessés dans le train. Certains voyageurs viennent manifester leur mécontentement et insultent le conducteur, d'autres sont pris de panique.

Toujours selon le conducteur, un agent de la Surveillance Générale qui se trouvait sur le quai avec ses collègues vient immédiatement dans la cabine de conduite pendant que le conducteur téléphone au poste 1 de Paris-Est pour faire prévenir les secours. L'agent de la Surveillance Générale demande des renforts de police lorsqu'il constate que la situation dégénère et qu'une émeute des voyageurs éclate. Les Secours arrivent peu de temps après et le cadre « traction » d'astreinte arrive sur place.

4.2.2- Déclaration des agents de la Surveillance Générale

Cinq agents de la Surveillance Générale sont présents sur le quai contigu à la voie 21 (ils ont été appelés pour intervenir à l'égard de voyageurs fumeurs récalcitrants, ce fait n'étant pas connu du conducteur). Ces agents se positionnent à environ 30 mètres du heurtoir de la voie 21, en se tournant vers le conducteur et en le saluant. Leur geste a lieu alors que le train a encore dix mètres à parcourir pour arriver à leur hauteur, le train se situant à ce moment-là à une quarantaine de mètres du heurtoir.

Le conducteur répond par un salut de la main droite (main utilisée pour actionner le manipulateur de traction), l'avant de son train se situant à environ 35 à 40 mètres du heurtoir.

Les agents de la Surveillance Générale entendent ensuite un bruit leur parvenant derrière eux : il s'agit du bruit de l'échappement d'air d'une dépression de freinage lorsque la motrice les a dépassé.

Les agents de la Surveillance Générale entendent ensuite un second bruit correspondant au choc de la motrice contre le heurtoir.

4.3- La conduite des trains

4.3.1- Formation et habilitation des conducteurs

Aux termes de l'arrêté du 30 juillet 2003 dénommé « Arrêté d'aptitude », un conducteur est un « agent chargé de la conduite d'un engin moteur sur une voie ferrée du réseau national ».

L'habilitation d'un agent à la fonction de sécurité de conducteur lui impose de répondre aux conditions d'aptitude physique et professionnelle.

- Aptitude physique : l'examen d'aptitude physique est réalisé par un médecin du travail SNCF. Cet examen est effectué avant toute habilitation initiale, puis tous les 12 mois maximum.
- Aptitude professionnelle : l'aptitude professionnelle comprend l'aptitude psychologique et les compétences professionnelles. L'aptitude psychologique est évaluée par un psychologue habilité par la SNCF avant toute habilitation initiale de conducteur. Elle conserve sa validité tant qu'aucun élément motivé ne permet de la remettre en cause. Les compétences professionnelles comprennent les connaissances professionnelles et les capacités à les mettre en oeuvre en situations normales et dégradées. L'acquisition de ces compétences s'effectue au cours de la formation initiale, dispensée dans le but d'obtenir l'habilitation à la fonction de conducteur, dont la durée de validité est de 3 ans. Ces compétences concernent les engins moteurs que pratique le conducteur, les lignes parcourues et les compétences système (gestes métier).
- Les conducteurs habilités bénéficient ensuite d'au moins deux journées de formation continue annuelle leur permettant de maintenir le niveau de leurs compétences professionnelles. En outre, ils sont évalués durant un cycle de 3 ans sur l'ensemble de leurs pratiques professionnelles par un cadre traction, soit lors d'accompagnements en ligne, soit lors des séances de formation continue, soit lors de l'étude d'évènements conduite, soit lors de l'analyse de bandes graphiques ou d'enregistrements ATESS.

4.3.2- Habilitation du conducteur du train 117 120

Ce conducteur a été reconnu apte au poste de travail de conducteur sur le plan psychologique en septembre 2002 et a subi avec succès les examens d'aptitude physique annuels conformément aux règles de l'arrêté d'aptitude. Le dernier examen de ce type remonte à mars 2007.

4.4- Le roulement d'utilisation du conducteur

Le conducteur est en résidence à Château-Thierry où ses séquences de travail sont décrites dans le roulement 165C. Ce roulement est dédié aux trains « Transilien » qui effectuent notamment la desserte entre Paris et Château-Thierry. Le conducteur du train 117 120 assurait la journée B310 de ce roulement. A cet effet, il a pris son service à 04h47 pour assurer la réserve de 05h00 à 07h15, c'est-à-dire se tenir prêt à remplacer un conducteur indisponible. Le conducteur prévu pour assurer le train117 120 étant en retard, c'est donc le conducteur de réserve qui l'a remplacé. Le train 117 120 assure une mission omnibus de Château-Thierry à Meaux, puis est direct de Meaux à Paris. L'heure de départ théorique du train 117 120 est 07h02 et son heure d'arrivée théorique est 08h12. S'il n'avait pas assuré ce remplacement inopiné (ce qui est la raison d'être du conducteur de réserve), il

aurait normalement assuré le train 117 140 (Château-Thierry 08h07 / Paris 09h15).

4.5- Antécédents relatifs au conducteur

Le conducteur est âgé de 32 ans. C'est un homme, au dire des personnes qui le côtoient, discret et ne présentant pas de problème particulier.

Il a débuté sa carrière à l'établissement traction de Paris Saint-Lazare où il a été habilité à la fonction de conducteur le 1er septembre 2002.

Pour convenances personnelles, il a été muté à l'Etablissement Traction de Paris-Est le 1er janvier 2006 et affecté à la résidence de Château-Thierry. Il a laissé par ailleurs le souvenir d'un agent sérieux lors de son départ de Paris Saint-Lazare.

Les engins moteurs qu'il est désormais autorisé à conduire sont les locomotives type BB 17000 dotées d'une commande de freinage purement pneumatique, les automotrices à 2 niveaux Z 8800, Z 20500 (dites Z2N) dotées d'une commande de frein mixte pneumatique et électrique et les Z 22500 (dites MI2N) dotées d'une commande de frein purement électrique.

Les lignes qu'il est autorisé à parcourir sont Paris-Est – Meaux – Château-Thierry et Paris-Est – Gretz-Armainvilliers – Tournan – Coulommiers.

Il ressort de son dossier et des entretiens tenus avec son encadrement que sa manière de servir ne prête pas à critique et que son suivi professionnel n'a pas permis de déceler un comportement à risque.

4.6- Reconstitution de la marche du train 117 120 le jour de l'accident

Cette reconstitution s'est déroulée le vendredi 13 avril 2007 sur le parcours Vaires / Paris-Est avec les éléments automoteurs 161A et 166A accouplés en unités multiples dans la même configuration que le jour de l'accident. Ce train était conduit par le conducteur impliqué le 05 avril. Alors que l'essai de frein initial à Noisy-le-Sec indiquait que les 16 bogies serraient, à l'issue du parcours d'approche ayant nécessité deux rebroussements, à Pantin puis à Vaires, le bogie défectueux, observé après l'accident, s'est à nouveau manifesté par son absence de serrage lors de l'essai de frein au départ de Vaires ; bien que la disponibilité de la ligne eut permis de rouler à 140 km/h, la circulation de ce vendredi 13 avril a été limitée à 120 km/h, pour respecter les critères de conduite du « guide de dépannage Z2N », page 499 B.

Cette circulation avait pour but d'observer les gestes du conducteur, en particulier dans le maniement du manipulateur de frein, et de ressentir les réactions éventuelles du matériel roulant lors de la rentrée en gare de Paris-Est.

Cette marche spéciale n'a pas mis en évidence l'épuisement du frein et en corollaire la difficulté de l'arrêt en fond de voie 21. Bien au contraire, les manipulations du robinet de frein par le conducteur ont été si prudentes que le train s'est quasiment arrêté à environ 50 mètres du butoir, obligeant le conducteur à tractionner à nouveau pour atteindre le point d'arrêt normal. Il est exact que le train d'essai avec une dizaine de personnes à bord était quasiment vide en comparaison de la marche du 05 avril 2007 où plus de 2 200 voyageurs étaient transportés. Il faut noter que ce matériel Z2N est équipé de relais de frein "autovariables", destinés à adapter la puissance de freinage à la charge pour obtenir des performances de freinage insensibles à cette charge. Dans la réalité, il peut exister une petite différence, mais les enquêteurs n'ont pas eu la possibilité d'évaluer cet écart, ne pouvant organiser une deuxième reconstitution de marche à pleine charge avec l'équivalent de 2 000 voyageurs. Par contre, au cours de la marche, il a été noté que la main gauche du conducteur

reposait en quasi-permanence sur le manipulateur de frein sans que cela conduise, comme indiqué ci-dessus, à des mouvements alternés entre la position marche et la position serrage gradué qui auraient pu provoquer un épuisement du réservoir de commande des distributeurs de frein et par voie de conséquence, à un manque d'efficacité du frein.

En conclusion, cette reconstitution n'a pas apporté d'information ou de confirmation précise sur une mise en jeu de l'épuisement du frein.

4.7- Le roulement d'utilisation de l'élément 161A

Ce paragraphe décrit l'utilisation de l'élément 161A au cours des deux semaines précédant l'accident, en précisant les différentes opérations d'entretien auxquelles il fut soumis.

L'élément 161A a circulé en unité double avec l'élément 166A le jeudi 22 mars sans problème.

Le 23 mars, la rame 161A est découplée de la rame 166A pour acheminement au tour en fosse de l'atelier des Ardoines pour reprofilage des roues. Il y demeure jusqu'à son retour à Noisy-le-Sec le 26 mars. Le 27 mars, l'élément 161A circule seul sans anomalie. Le 28 mars l'élément 161A circule accouplé avec l'élément 194 A puis le 29 mars de nouveau en unité simple.

Le 30 mars, les éléments 161A et 166A circulent en unité multiple jusqu'à 09h00 du matin et doivent de nouveau rouler dans cette formation à partir de 16h00. Or, au cours de la préparation courante de l'élément 161A, il est constaté que le bogie 1 de la remorque ZR 201821 ne freine pas. Il est donc isolé par le conducteur, en application des prescriptions des textes réglementaires. Le 31 mars, l'élément 161A est acheminé à l'atelier de Noisy-le-Sec pour y être réparé. Il en repart, couplé avec l'élément 166A, le 2 avril. Ces éléments circulent dans cette formation le 3 avril et le 4 avril, l'élément 166A est acheminée à l'atelier de Noisy-le-Sec pour entretien programmé.

Le 5 avril, les éléments 161A et 166A sont de nouveau accouplés en unité multiple pour assurer le train 117 120 Château-Thierry - Paris. A l'arrivée à Paris-Est, ce train heurte le butoir de la voie 21. Il est constaté après l'accident que le bogie 1 de la première remorque, en principe réparé après la défaillance de freinage du 30 mars, est à nouveau défaillant. A la suite de cet accident, la rame, constituée des deux éléments 161A et 166A, est acheminée vers l'atelier de Noisy-le-Sec en fin de matinée pour y subir diverses investigations.

4.8- Vérification du fonctionnement du matériel roulant

L'ensemble des fonctionnalités « frein » de la rame constituée des deux éléments 161A et 166A a été testé. Ces tests se sont déroulés à l'atelier de Noisy-le-Sec et dans le faisceau de triage attenant.

4.8.1- Vérification du fonctionnement des équipements de frein de l'élément161A

Expertise des appareils de frein de la rame à Noisy-le-Sec

L'expertise du fonctionnement de l'ensemble des appareils de frein de l'élément 161A formé des motrices Z 20821 / 20822 encadrant deux remorques, a été effectuée les 18, 19 et 20 avril 2007 à son dépôt d'attache (Unité de production matériel de Noisy-le-Sec).

Cette expertise a été effectuée conformément aux prescriptions de la fiche de visite VF.0.010 « Vérification de l'appareillage de frein (robinet analogique à commande linéaire) type RME-1-S-EP, distributeur C3WlP - éléments automoteurs Z 5600, Z 8800, Z 20500, Z 20900 renforcés freinage » version B approuvée le 05/09/2003. Cette fiche précise les conditions d'exécution des essais et

vérifications, effectués sur l'appareillage de frein au cours des tests de sécurité et des visites périodiques, sur les éléments automoteurs désignés ci-dessus.

Les vérifications ont pour but de contrôler les différents organes dans leurs conditions de fonctionnement les uns par rapport aux autres.

En ce qui concerne plus particulièrement cette expertise, ce sont les tests de sécurité à 36 mois (TS 36) qui ont été exécutés. Ces derniers ont été consignés sur la fiche de traçabilité de conformité de produit TS 36 / Z2N renforcée freinage selon le document de référence ITM 48203 version B du 19/10/2005.

Tous les outillages de contrôle et de mesure sont étalonnés et vérifiés suivant les dispositions reprises dans les référentiels MA 007 ("Matériel 007 : acquisition, gestion et maintenance des outillages nécessaires à la maintenance du matériel roulant") et MA 052 ("Matériel 052 : métrologie-maîtrise des dispositifs de surveillance et de mesure utilisés pour la maintenance du matériel roulant").

A l'issue de ces tests, il ressort que le fonctionnement du frein est nominal. L'anomalie de fonctionnement du frein du bogie 1 de la première remorque a été élucidé et sa cause identifiée : il s'agissait d'une légère fuite au niveau du bouchon de « piquage », utilisé pour raccorder les appareils de mesure sur le réservoir de commande (RC) du distributeur. Il a été remédié à cette anomalie en étanchant la fuite et le fonctionnement du frein de ce bogie est redevenu correct.

La fiche de traçabilité de ces essais figure en annexe 5.

Expertise du manipulateur de frein TM 606 à l'EIMM* de Saint-Pierre-des-Corps

Le manipulateur de frein TM 606 n° 352 de la motrice Z 20821 a été expertisé le 4 juin 2007 puis de nouveau le 7 juin en notre présence sur le banc d'essais de l'EIMM de Saint-Pierre-des-Corps (voir annexe 14) selon le processus décrit ci-après.

Après exposé du mode opératoire par le responsable des essais, le manipulateur a été placé sur le banc. Puis conformément aux fiches de contrôle FC n° 7 jointes en annexe 15, il a subi les essais mécaniques et électriques. Ces fiches, qui sont celles du 4 juin, indiquent la liste des points à contrôler et la fourchette des résultats à obtenir pour que l'appareil soit réputé conforme aux spécifications, le rendant apte à l'emploi.

Les essais du 7 juin ont confirmé ceux du 4 juin, prouvant que le manipulateur n° 352 avait un fonctionnement nominal.

4.8.2- Essais d'épuisement partiel du frein

L'essai d'épuisement du frein a été réalisé à poste fixe ; un essai en ligne dont l'organisation aurait été lourde, n'était pas susceptible d'apporter des enseignements supplémentaires.

Le 20 avril 2007, troisième et dernier jour de la vérification complète du système de freinage (cf point 4.8.1 ci-dessus), il a été tenté d'épuiser partiellement la commande du frein depuis la cabine de conduite de la Z 20821. Le mode opératoire a consisté à effectuer de nombreuses manoeuvres alternatives depuis le cran de réarmement vers le cran de marche (de 12 à 30 fois) pour abaisser la pression dans le réservoir de commande (RC) de 5 bars à 4,75 bars. A partir de la sixième manoeuvre, il a été constaté que les cylindres de frein ne recevaient plus d'air en provenance du réservoir auxiliaire (RA) et que leur pression était tombée à zéro. A noter toutefois que lorsque le manipulateur de frein était amené sur la position "serrage à fond", la pression des cylindres de frein montait à 3 bars après un délai d'une à deux secondes. Cette expérience fait apparaître que l'abaissement de la pression dans le RC par suite d'une utilisation inappropriée du manipulateur de frein a bien été mise en évidence, mais permet cependant de commander un serrage

* Terme figurant dans le glossaire

à fond, avec toutefois un délai de réponse allongé.

Dans toutes les séquences de tentatives d'épuisement du frein, lorsque le bouton poussoir d'urgence du frein a été enfoncé, le serrage d'urgence par vidange de la conduite générale s'est réalisé immédiatement et en totalité.

4.8.3- Evaluation des distances d'arrêt

Le 26 avril 2007, des tests de freinage avec mesure des distances d'arrêt ont été effectués sur la rame formée des deux éléments 161A et 166A, impliqués dans l'accident du 05 avril 2007. Les tests se sont déroulés sur la voie 38 du faisceau nord de Noisy-le-Sec. La partie de voie où les mesures furent effectuées était en quasi alignement, en pente de 1,5 pour mille et le rail sec. Les conditions atmosphériques étaient bonnes : température ambiante de 25° environ et vent faible.

Les essais ont consisté à mesurer les distances d'arrêt de la rame à partir des vitesses initiales de 10 km/h et de 7 km/h.

Pour la vitesse de 10 km/h, il a été effectué successivement un arrêt avec un bar de dépression dans la conduite générale, puis un serrage à fond à l'aide du manipulateur de frein et enfin un serrage d'urgence par actionnement du bouton poussoir d'urgence "BP URG".

Dans chacun des cas, les distances d'arrêt relevées ont été comparées avec les distances extrapolées du cahier des charges de ce type de matériel (information fournie par le Centre d'Ingénierie du Matériel-CIM), ainsi qu'avec les distances d'arrêt obtenues lors de tests réalisés par la Direction des Audits de Sécurité (DAS) de la SNCF sur une autre paire d'éléments Z2N.

Malgré une certaine dispersion dans les résultats, les valeurs relevées (consignées dans le tableau ci-dessous) sont cohérentes entre elles et montrent que la rame freine de façon nominale.

Les essais ont été réalisés successivement avec l'ensemble des seize bogies actifs en frein, puis avec seulement quinze bogies actifs ; le frein était en état normal, c'est-à-dire non épuisé.

		Vitesse initiale = 10km/h		***Vitesse initiale = 7km/h***	
Dépression conduite générale		Frein/16 bogies actifs au freinage	Frein/15 bogies actifs au freinage	Frein/16 bogies actifs au freinage	Frein/15 bogies actifs au freinage
1 bar (freinage électrique et pneumatique)	BEA-TT	10,90 m	12,90 m		
	CIM	< 16 m	< 17 m		
	DAS	8,20 / 8,90 m	8,50 m		
Serrage à fond (freinage pneumatique)	BEA-TT	12,70 m	15,10 m		
	CIM	< 14 m	< 15 m		
	DAS	9,30 m	- - - - - -		
Serrage d'urgence (BP Urg) (freinage pneumatique)	BEA-TT	9,60 m	10,10 m	6,00 m	6,70 m
	CIM	< 9 m	< 9 m	< 6 m	< 6 m
	DAS	5,80 m	- - - - - -	5,00 m	- - - - -

Nota : lors d'un serrage de service (dépression de 1 bar), il y a combinaison des freins électrique et pneumatique, la commande de freinage entraîne une action immédiate du freinage électrique et légèrement différée du freinage pneumatique (environ deux secondes pour la propagation de la dépression jusqu'en queue de train). Cette action immédiate de freinage électrique

explique la meilleure performance à partir d'une très basse vitesse du freinage de service par rapport au freinage à fond, uniquement pneumatique.

Corrections pour prendre en compte un frein « épuisé partiellement »

Lors de la mise en oeuvre du serrage à fond dans le cas du "frein épuisé", nous avons observé au paragraphe 4.8.2. que les cylindres de frein montaient néanmoins en pression à 3 bars avec un retard de deux secondes au plus, ce qui correspond à un parcours supplémentaire de 5,55 m à V=10 km/h.

Correction relative à la défaillance de freinage d'un bogie

Si un bogie parmi les seize que comporte la rame ne freine pas, la distance d'arrêt est allongée de deux mètres lors d'un freinage de service normal, de 2,4 mètres lors d'un serrage à fond et de 0,5 mètre pour un freinage d'urgence.

Correction relative à la charge du train

Une correction est à apporter aux résultats ci-dessus pour tenir compte de la charge du train lors de l'accident : selon les données contractuelles du constructeur, l'écart maximum entre les distances d'arrêt "à vide" et "en charge" est inférieur à un mètre. Cette marge supplémentaire est prise en compte par prudence dans les résultats, et doit être ajoutée aux résultats des essais qui ont été réalisés à vide.

Conclusion relative aux distances d'arrêt

Les résultats obtenus à partir des relevés bruts BEA-TT, pour une vitesse initiale de 10 km/h et pour 15 bogies actifs en freinage, peuvent s'illustrer selon la combinatoire suivante, en tenant compte des correctifs énumérés ci-dessous :

	Distance d'arrêt (mètres)		
	f.normal	f. « à fond »	f. d'urgence
résultat brut, rame vide, frein normal	10,90	12,70	9,60
correction un bogie isolé/16 bogies	+ 2,00	+ 2,40	+ 0,50
correction liée à la charge du train	+ 1	+ 1	+ 1
correction pour épuisement partiel du frein	non chiffrable	+ 5,50	+ 0
correction délai de commande FU	- - - - - - - -	- - - - - -	+ 2,80
distance d'arrêt totale	non maîtrisé	21,60	13,90

A l'issue des essais et reconstitutions effectués après l'accident du 05 avril 2007 avec le conducteur impliqué et le matériel utilisé lors de cet événement, les hypothèses suivantes peuvent être formulées.

Hypothèse n°1 (frein partiellement épuisé) :

Au moment où le conducteur a voulu réaliser son freinage final, se rendant compte de la situation, il a positionné son manipulateur de freinage au maximum, c'est-à-dire en "serrage à fond" : la distance de freinage est de 21,6 m, y compris 5,50 m correspondant au retard d'action du freinage.

Si le conducteur avait réagi en enfonçant le bouton poussoir d'urgence et en tenant compte d'un effet de surprise devant l'évènement pour retirer sa main du manipulateur de frein et enfoncer le bouton poussoir d'urgence (temps de réaction estimé à une seconde → 2,80 m parcourus), il avait la

capacité d'arrêter sont train en moins de 14 mètres.

Hypothèse n°2 (frein en état de service normal) :

En supposant que les divers positionnement du manipulateur de la commande du frein n'aient pas provoqué l'épuisement du frein, les distances d'arrêt sont de l'ordre de :

- serrage à fond : moins de 16,10 mètres,
- serrage d'urgence (BP Urg) : moins de 14 mètres.

4.8.4- Conclusion relative au matériel roulant.

L'ensemble des investigations effectuées sur le matériel roulant impliqué à l'occasion des tests énumérés dans le présent document montrent le fonctionnement normal du système de freinage des éléments 161A et 166A.

4.9- Antécédents de service et de maintenance de l'élément 161A

Tous les matériels roulants sont soumis, en fonction du temps ou des kilomètres parcourus, à des visites périodiques relatives aux organes mécaniques, électriques et pneumatiques.

4.9.1- Maintenance préventive.

Le tableau ci-dessous liste les dernières opérations effectuées.

	Date de mise en service	*Dernière GVG**	*Dernière VG**	*EMN**	*TS 36*
Élément 161A	02/02/1996	02/03/2004 au 16/03/2004	21/07/2006 au 02/08/2006	02/04/2007 : pas d'anomalie constatée. 03/02/2007 : porte semelle HS sur la 202281 boite n°6.	15/01/2007 : -remplacement du manostat CP et réglage robinet d'isolement RA sur la 20822, -remplacement de l'électrovalve modérable EVMD ext 1 sur la 20821.
Élément 166A	09/04/1996	15/01/2004 au 27/01/2004	21/04/2006 au 28/04/2006	02/03/2007 04/04/2007	14/11/2003 au 24/11/2003

Il n'a pas été noté de non respect des cycles de tests de sécurité et des cycles de visite pour l'élément 161A. En ce qui concerne l'appareillage de frein équipant les éléments automoteurs type Z2N, les tests de sécurité désignés TS 36 (test de sécurité n° 36) s'effectuent tous les 42 mois au maximum.

L'élément 161A avait subi cette vérification le 17 janvier 2007 à l'Unité de production de Noisy-le-Sec.

4.9.2- Maintenance curative

Au cours de l'opération d'entretien préventif TS 36 du 15 janvier 2007, le joint en cuir du bouchon de « piquage » du réservoir de commande du bloc frein du bogie, situé à l'extrémité 1 de la

* Terme figurant dans le glossaire

remorque ZR 202821, a été remplacé. Lors de son remontage, ce bouchon n'a pas été revissé à fond dans le but de ne pas écraser le joint. Malgré ce faible serrage, le test d'étanchéité à l'eau savonneuse a été concluant.

Le 21 février 2007, en gare de Meaux, au cours de la préparation du train formé de 2 éléments en unité multiple comprenant l'élément 161A et l'élément 27A, l'essai de frein à agent seul se révèle non satisfaisant. Il n'y a pas en effet allumage au boîtier de signalisation du voyant « bogies serrés ». Comme le prévoit le guide de dépannage, l'essai est alors effectué avec l'aide d'un deuxième agent au sol qui a pour mission de vérifier l'indication des voyants pneumatiques disposés sur chaque véhicule.

Ces voyants de test du freinage sont de couleur verte lorsque les freins sont desserrés et de couleur rouge lorsque les freins sont serrés. Après observation des voyants, l'essai de frein se révèle satisfaisant. Au changement de cabine de conduite, l'anomalie se reproduit à nouveau. Après recherches, il apparaît que celle-ci provient d'une surcharge de pression, générée dans la conduite générale par l'élément 27A accouplé à l'élément 161A. Après élimination de cette surcharge, le test frein est satisfaisant et le matériel assure alors le train prévu.

Le 30 mars 2007, en gare de Paris-Est, une préparation courante est effectuée sur l'élément 161A qui est en réserve. Il est alors constaté que le voyant « bogies bloqués » ne s' allume pas sur le boîtier de signalisation de la cabine de conduite. Après recherches sur la rame, il est découvert que le bogie 1 de la remorque ZR 202821 n'est pas serré. Conformément aux prescriptions du guide de dépannage, le conducteur isole et purge l'équipement de frein en cause et le repère par apposition d'une étiquette IS. Cette étiquette de couleur rouge informe que le bogie en cause est isolé du frein. En outre, les documents de bord de l'engin sont annotés en conséquence. Cet élément est alors dirigé sur l'atelier de Noisy-le-Sec pour y être réparé. Il est alors découvert que la tige de purge située à la partie inférieure du distributeur est légèrement tordue suite à un impact avec un corps étranger. Ceci provoque une très légère fuite permanente qui est interprétée comme étant la cause des divers incidents antérieurs. Cette thèse est confortée par le fait que le test frein effectué à la suite de cette intervention était satisfaisant. Par contre, le train ayant été dépanné sur une voie longée par un trottoir situé au niveau des portes d'accès dans les voitures, le technicien n'a pas vu l'étiquette IS qui est restée collée sur le train. L'élément 161A repart donc dans cet état en ligne, en réalité encore porteur d'un défaut alors que l'on pouvait croire que la réparation avait remédié au problème.

Le 2 avril 2007, l'élément 161A rentre à nouveau à l'atelier de Noisy-le-Sec pour un examen de routine appelé EMN (examen mécanique). Cet examen consiste à vérifier les organes de roulement, les freins, les antennes KVB, la brosse de contact avec les crocodiles de répétition des signaux, les amortisseurs, les faces latérales des véhicules et les pantographes. Or il s'avère que l'examen des côtés de caisse a été imparfaitement effectué, ne permettant pas de découvrir l'étiquette IS restée indûment en place. Un rappel de la bonne connaissance et de la bonne application des règles de maintenance a été fait par le dirigeant de l'atelier. L'élément 161A est donc reparti en ligne après un test frein satisfaisant et tous ses bogies actifs en freinage.

Le 5 avril 2007, l'élément 161A accouplé en unité multiple à l'élément166A, assure le train 117 120 de Château-Thierry à Paris-Est. Le test frein effectué dans le cadre de la préparation courante et de l'essai journalier s'avère satisfaisant. L'examen de la bande graphique ne permet pas de déceler une insuffisance de freinage lors des 7 arrêts précédant Paris-Est et lors des ralentissements à l'entrée de cette gare. Aucun signe prémonitoire en provenance du matériel roulant ne peut donc expliquer, avec certitude, le heurt du butoir de la voie 21.

A la suite de l'accident du 5 avril 2007, diverses investigations furent menées dont une vérification complète du système de freinage de l'élément 161A (cf paragraphe 4.8.1). A l'occasion de ces vérifications, il a été découvert que le bouchon de « piquage » du réservoir de commande du distributeur du bogie 1 de la remorque ZR 202821 pouvait se desserrer à la main sans l'aide d'une

clé. Précisons que ce bouchon de « piquage » sert à brancher les appareils de mesure de pression durant les essais. Il y a de fortes présomptions pour que ce bouchon n'ait pas été revissé à fond lors de l'opération TS 36 de janvier 2007 et soit ainsi la cause d'une très légère fuite ayant entraîné de façon aléatoire les dysfonctionnements notés ci-dessus. Après vissage correct du bouchon, les essais ont conclu au bon fonctionnement du système de freinage.

Cette fuite très légère peut expliquer que le 05 avril, lors des essais de frein à Château-Thierry, les 16 bogies serraient initialement ; puis, au fur et à mesure que cette petite fuite induisait une baisse de pression significative au RC, le bogie en question défreinait (pCG supérieure à pRC, provoquant une vidange des cylindres de frein du bogie).

4.10- Les équipements de sécurité

4.10.1- A bord des train

Les éléments automoteurs type Z2N sont équipés pour effectuer la préparation et la dépréparation de l'ensemble du train depuis la cabine de conduite en service. Ces opérations comprennent :

- les essais de frein,
- l'accouplement et le désaccouplement de deux éléments en unité multiple,
- la dépréparation de l'élément abandonné lors du désaccouplement de deux éléments en unité multiple.

En ce qui concerne la conduite, le conducteur dispose de trois modes :

- la conduite manuelle (CM),
- la conduite en vitesse imposée (VI),
- la conduite désaccouplement (CD) qui est utilisée pour les opérations d'accouplement et de désaccouplement et qui est une VI plafonnée à environ 3 km/h.

En cas de défaut sur un ou plusieurs équipements de bloc moteur, ceux-ci s'isolent automatiquement et il est possible de tenter de les remettre en service depuis le poste de conduite. Un dispositif de comptage indique en permanence au conducteur le nombre de bogies inactifs en traction et en freinage.

Les dispositifs de sécurité et d'aide à la conduite équipant ces éléments automoteurs sont :

- la centrale tachymétrique type ATEC 150 en ce qui concerne l'élément 161A (Z 20821),
- la répétition optique des signaux,
- le contrôle de vitesse par balise (KVB),
- l'asservissement traction-freinage qui est un automatisme supprimant automatiquement l'effort moteur si le conducteur omet de le faire alors qu'il déclenche un freinage,
- la radio sol-train,
- la veille automatique avec contrôle du maintien d'appui,
- le signal d'alerte lumineux,
- le signal d'alerte radio.

Ces dispositifs fonctionnaient normalement le jour de l'accident.

4.10.2- Au sol

Latéralement à la voie sont disposés des signaux et des indicateurs, qui à l'aide d'indications lumineuses transmettent des ordres et des informations au conducteur concernant la marche de son train. Le but de ces indications est d'éviter tout rattrapage entre deux trains successifs circulant sur une même voie, toute prise en écharpe entre deux trains se présentant simultanément à une convergence de deux voies et tout nez à nez entre deux trains circulant l'un vers l'autre sur une même voie. Certaines de ces informations sont rapatriées à bord de l'engin moteur, soit par la répétition optique des signaux grâce au « crocodile » implanté dans la voie et à une brosse fixée sous le train, soit celles en provenance des balises KVB par l'intermédiaire de capteurs disposés sous le train. En cas de non respect par le conducteur d'une indication restrictive, un dispositif automatique prend en charge le train et fait en sorte de l'arrêter avant le point protégé. Néanmoins, il peut survenir une situation où cette prise en charge ne s'effectue pas de façon optimale et où l'homme demeure le dernier recours pour que la sécurité ne soit pas engagée... à condition qu'il ne soit pas lui même défaillant !

Enfin, la conduite à agent seul nécessite un lien entre le conducteur et les postes qui interviennent dans la commande des itinéraires et le suivi des circulations. Ce lien est la radio sol-train.

Il n'a pas été noté de défaillance de ces divers équipements qui fonctionnaient normalement le jour de l'accident.

4.11- Evènements antérieurs d'insuffisance de freinage de trains de voyageurs.

Dans l'incidentologie antérieure, nous relevons les évènements suivants :

- 06/08/1988 : le train Château-Thierry - Paris heurte le butoir à l'arrivée en gare de Paris-Est, à la vitesse de 28 km/h, occasionnant un mort et 73 blessés. Le train était constitué d'une rame réversible poussée ; une anomalie dans le circuit électrique basse tension n'a pas permis au conducteur de commander l'ouverture du disjoncteur de la locomotive et de couper l'effort de traction.
- 02/04/1990 : un train de voyageurs vide défonce un butoir en gare d'Austerlitz et heurte l'entrée du buffet ; il n'y a pas de blessés. Il s'agissait d'une rame vide refoulée depuis le chantier de maintenance vers la gare pour mise à quai ; il y a eu défaillance de l'agent chargé de freiner la rame avec son thinlot[1].
- 23/04/1990 : un train de banlieue enfonce un butoir de la gare de Paris-Nord ; un voyageur est blessé. Il s'agissait d'un freinage tardif.

Plus récemment, avec des matériels automoteurs modernes, nous relevons :

- 16/11/2005 : en gare de Saint-Denis, une rame Z2N dérive lors de son arrêt. Le conducteur doit actionner son bouton poussoir d'urgence pour immobiliser son train.
- 06/03/2006 : après avoir arrêté son train (rame Z2N) en gare de Saint-Michel-Notre-Dame, le conducteur constate une dérive. Il immobilise son train par action sur le bouton poussoir d'urgence.
- 28/03/2006 : lors de son arrivée en gare de Saint-Etienne avec un train constitué

1 Robinet de frein simplifié, tenu à la main par l'agent de manoeuvre situé en tête de la rame, la locomotive de manoeuvre poussant en queue. Lorsque la rame s'approche du heurtoir de voie, l'agent de manoeuvre provoque le serrage des freins et l'arrêt complet de la rame en laissant échapper l'air de son robinet.

d'éléments TER 2N PG, le conducteur constate l'insuffisance de l'effort de freinage et n'obtient l'arrêt de son train que par action sur le bouton poussoir d'urgence.

- 21/04/2006 : en gare de Paris-Lyon, rame Z2N en situation d'épuisement partiel du frein.
- 21/03/2007 : en gare de Massy-Palaiseau, en assurant le train 148568, le conducteur change d'extrémité, remet en service le poste de conduite de la motrice 20948, et, pendant qu'il est en conversation téléphonique avec le Pôle d'appui conduite Transilien, s'aperçoit que son train dérive (train constitué d'une rame double de Z2N). Le conducteur ne réussit à arrêter son train qu'un mètre en aval du signal de sortie, sans engager le point protégé. L'enquête conclut à l'épuisement partiel du frein provoqué précédemment par les manoeuvres alternées de serrage-desserrage réalisées lors de la séquence d'arrêt sur voie 4 de Massy-Palaiseau (voie en impasse aboutissant sur un heurtoir).
- 05/04/2007 : accident en gare de Paris-Est. Le cas présentement étudié ne relève pas de la même problématique puisque les essais pratiqués sur ce train n'ont pas permis de réaliser une épuisabilité partielle du frein par action sur le manipulateur.
- 07/05/2007 : en gare de Cernay Val d'Oise, le conducteur d'une rame Z2N effectue son arrêt sur une voie fermée par un signal carré ; trente secondes après l'arrêt, la rame dérive et le conducteur l'immobilise par action sur le bouton poussoir d'urgence. L'analyse des données ATESS montre un premier serrage au droit de l'avertissement à 67 km/h, puis quatre actions de desserrage-serrage à partir de 30 km/h en 70 secondes. Ces serrages-desserrages alternés ont épuisé partiellement le frein.
- 11/05/2007 : en gare de Juvisy, une rame Z2N part en dérive après son arrêt ; le conducteur l'immobilise par action sur le bouton poussoir d'urgence. Le relevé des données ATESS montre, après un premier freinage à 60 km/h, une position desserrage de 54 secondes, puis quatre commandes successives de serrages et desserrages en 48 secondes. Les dernier serrage dure 48 secondes jusqu'à l'arrêt du train. L'enquête a conclu à l'épuisabilité partielle du frein.

Ces incidents, survenus sur du matériel automoteur équipé de la commande « linéaire » du frein, relèvent majoritairement de la problématique « épuisement partiel du frein », tandis que le cas présent peut-être considéré à part.

Il apparaît ainsi que, au cours de l'année 2007, plusieurs situations d'épuisement partiel du frein se sont produites.

4.12- Intégration du retour d'expérience dans le suivi professionnel

4.12.1- La mise en pratique du suivi professionnel

Ce suivi est assuré par des cadres traction (CTT) qui constituent le personnel d'encadrement des conducteurs de ligne. Ces CTT veillent au maintien du niveau des compétences des conducteurs auprès desquels ils doivent déceler tout comportement déviant pouvant conduire à un dysfonctionnement et y apporter sans délai les corrections nécessaires.

Cette évaluation permanente est assurée dans le cadre de la formation continue et des accompagnements en ligne. Ces rencontres sont les moments privilégiés pour transmettre les informations résultant du retour d'expérience issu d'incidents antérieurs. Leur but est d'éviter de la part des opérateurs toute fausse interprétation des faits générateurs et de leurs conséquences.

Ce suivi professionnel ne peut se maintenir et s'enrichir que dans un cadre qui allie intimement l'humain et la technique. Confiance, respect mutuel, présence et disponibilité sont les

maîtres mots qui doivent animer en permanence les acteurs de la production dans le domaine de la conduite. Ce sont les conditions sine qua non pour qu'à tout moment la conduite des trains participe pleinement à assurer la part qui lui revient dans le maintien du niveau de sécurité ferroviaire.

4.12.2- Le suivi professionnel de l'agent impliqué dans l'accident de Paris-Est et la prévention des risques d'épuisement du frein

Il faut rappeler que dans le cadre de ce suivi, cet agent a été accompagné par son CTT notamment les 11 août 2006 et 28 décembre 2006. L'accompagnement du 11 août 2006 a été réalisé sur un train assuré par une rame Z2N. Les arrêts commerciaux et les arrêts devant signaux ont été validés comme satisfaisants y compris l'arrêt à Paris-Est. Les essais de frein et la maîtrise de la gestuelle ont également été validés. Aucune utilisation abusive du frein n'a été constatée lors de cet accompagnement par le CTT.

Antérieurement à ces dates, d'août 1988 à mars 2006, des incidents se sont produits sur des matériels équipés de robinet de frein type TM 606, dont des Z2N. Ceux-ci ont conduit le département métier sécurité de la Direction de la Traction à éditer, le 30 mars 2006, une note d'information (annexe 6) destinée à l'encadrement Traction. Cette note précisait en substance que la manipulation abusive du frein (7 serrages-desserrages dans un délai court) conduisait à son épuisabilité surtout si le conducteur ne ramenait pas le manipulateur de frein sur la position « marche » et le laissait notamment sur le « cran de réarmement ».

Dans le dernier chapitre intitulé « Mesures » de cette note « destinée à l'encadrement Traction », il était demandé à chaque établissement Traction dont les conducteurs étaient autorisés, entre autres, à la conduite des Z2N, que les CTT rappellent, au cours de leurs accompagnements, les règles d'utilisation du frein comme le prévoit le Référentiel Conducteur de Ligne (RCL). La conclusion de la note était : « l'utilisation du frein, non réglementaire, dans la zone de réarmement ne peut conduire qu'à l'épuisement du frein ».

A noter que cette note comportait une erreur dans son paragraphe intitulé « Rappel fonctionnel du robinet du mécanicien : description du robinet de frein type RME 1 S » dans la désignation de la position extrême de freinage appelée « serrage d'urgence » à la place de « serrage à fond ». Cette « coquille » n'avait pas fait l'objet d'un rectificatif au moment de l'accident ; coquille rectifiée par courriel le 04 mai 2007. Ceci est d'autant plus fâcheux qu'une confusion peut s'en suivre dans l'esprit des lecteurs au sujet du fonctionnement du manipulateur de frein des Z2N et de celui des MI2N, matériel pour lequel la position extrême de la plage freinage est effectivement un freinage d'urgence. Cette erreur a d'ailleurs été reproduite à l'identique dans le dossier pédagogique de la Journée de Formation Continue (JFC) nationale 2007 sur le frein à commande linéaire et a été rectifiée le 16 mai 2007.

La diffusion de ces consignes relatives au risque d'épuisement du frein auprès des conducteurs devait comporter :

- une mise à jour des manuels de conduite des Z2N, TER 2N PG et TER 2N NG relative à l'utilisation du robinet du mécanicien TM 606,
- une note technique destinée à l'encadrement (diffusée en novembre 2006),
- une inscription dans les thèmes d'accompagnement des CTT.

A l'examen du dossier, il apparaît que la mise en oeuvre de ces décisions n'a pas été conforme au calendrier prévu. En effet :

- la notice technique prévue pour début septembre a été éditée le 17 novembre 2006 et diffusée le 20 novembre 2006,
- le manuel de conduite des Z2N n'a, à ce jour, pas encore été modifié concernant les

dispositions relatives au frein TM 606.

Concrètement, seule la notice technique du 20 novembre 2006 fut éditée. Elle rappelle les principes de fonctionnement et les règles d'utilisation du frein TM 606, décrit les principes de fonctionnement du dispositif de verrouillage du réservoir de commande du distributeur et démontre le principe d'épuisabilité partielle des distributeurs.

La note de couverture précise que le contenu de cette notice « sera décliné en formation initiale et complémentaire par l'encadrement Traction auprès des conducteurs des matériels munis du robinet TM 606».

Pour attirer l'attention des conducteurs, la Division TMS-SY décide de faire apposer sur la platine du manipulateur de frein un pictogramme spécifique. A cet effet, TMS-SY adresse un courrier le 14 novembre 2006 aux cadres Traction en position de « dirigeants de proximité » concernés par les matériels Z2N et TER 2N, pour leur soumettre deux propositions de pictogrammes et en leur demandant de consulter leurs conducteurs. Ce sondage a été réalisé à l'EMT de Paris-Est, dont l'unité de production de Château-Thierry ; la réponse de l'établissement a été transmise à la Division TMS-SY le 14 décembre 2006.

La Division Traction TMS-SY a demandé au Domaine Matériel de concevoir un ordre de modification relatif au manipulateur TM 606, en date du 23 janvier 2007.

Pour le domaine Matériel, l'EIMM de Saint-Pierre-des-Corps a lancé quant à lui, le 24 avril 2007, l'Ordre de Modification n° 49 Q3 005 consistant, sur ce type de rame, à apposer sur la platine du manipulateur de frein une signalétique mettant en évidence la zone à risque. Cette signalétique se présente sous la forme de zébrures jaunes et noires collées au niveau de la position « réarmement » du robinet de frein. Ce dispositif d'attention est appuyé du texte : « Cran de réarmement. Position instable. Arrêt interdit ». A la date de l'accident, cet ordre de modification n'était pas encore appliqué, les pictogrammes ayant été reçus par l'EMT de Paris-Est début juin 2007.

Ce nouveau dispositif a fait l'objet d'une note d'information aux conducteurs, affichée le 12 avril dans les cadres « Sécurité des circulations » dans tous les lieux de prise de service des conducteurs de l'EMT de Paris-Est et diffusée individuellement à tous les conducteurs le 12 avril 2007. Cette note consolidait un document très succinct du 6 avril émanant de la Direction de la Traction qui recommandait de ne pas maintenir de façon prolongée le manipulateur de frein en appui sur le cran de réarmement. A la fin de la note du 12 avril, il était en outre recommandé aux conducteurs de se rapprocher de leur CTT pour obtenir un complément d'informations, cette note n'ayant fait l'objet que d'un affichage sans commentaire ni explication systématiques.

Il en est de même d'une troisième note, datée du 18 avril, rédigée selon les directives reçues le 17 avril de la Direction de la Traction par courriel précisant que « sur les Z2N, à faible vitesse (inférieure à 15 km/h) l'action sur le BP-URG est toujours plus efficace que celle de placer le manipulateur de freinage sur la position « serrage à fond ».

4.12.3- L'insuffisance d'information du conducteur

Les incitations adressées à l'encadrement Traction dans les notes du 30 mars et du 20 novembre 2006, adressées aux établissements par le biais de simples notes diffusées par courrier électronique, n'ont pas atteint le conducteur impliqué dans l'accident, qui a déclaré n'avoir jamais été informé de ces rappels d'instruction et de mise en garde sur le maniement du robinet TM 606. Il n'a pas non plus été informé de l'apposition sur le pupitre de la nouvelle signalétique dont son train n'était d'ailleurs pas pourvu. Ceci s'explique dans la mesure où celle-ci n'a été reçue que le 2 juin par l'UP de Noisy qui a terminé l'équipement des rames le 14 juin.

Enfin, concernant le programme des journées de formation continue des agents de conduite

de Château-Thierry, résidence du conducteur en cause dans l'accident de Paris-Est, il n'apparaît pas à sa lecture, de chapitre relatif au maniement du frein TM 606. Ce dossier pédagogique, édité le 10 décembre 2006 est pourtant postérieur à la notice technique sur le frein TM 606 du 20 novembre 2006. En outre, les deux journées de formation continue qui se sont déroulées à Château-Thierry, les 23 et 24 janvier 2007, n'ont aucunement fait mention du maniement du robinet de frein TM 606, car l'information n'a été délivrée aux « adjoints Qualité-Sécurité » que le 22 janvier 2007.

A noter également que les différentes notes, échangées en interne à l'entreprise SNCF depuis mars 2006 sur ce sujet, ne mentionnaient aucun caractère d'urgence ou criticité particulière.

En cas de nécessité, il est prévu dans les procédures que la Direction de la Traction puisse émettre un avis urgent à destination des établissements. Le document est porté à la connaissance de tous les conducteurs concernés par affichage dans le cadre « Avis Urgents » de toutes les UP concernées. Ce cadre est cependant plutôt utilisé en liaison avec l'application « FLASH » (limitations temporaires de vitesse inopinées,....), et non pour rappeler des prescriptions réglementaires ou des gestes métiers). De ce fait, ce moyen d'information n'a pas été mis en oeuvre en 2006, pour toucher directement les conducteurs concernés.

Au niveau des conducteurs, le manuel de conduite Z2N est le document de référence qui fait foi pour les procédures spécifiques à mettre en oeuvre sur ce matériel. Or, à la date du 05 avril 2007, les précautions d'utilisation du manipulateur TM 606 n'avaient pas encore fait l'objet d'une modification de ce manuel, et encore moins d'une diffusion aux conducteurs.

Sur ce sujet, la Direction de la Traction (SNCF) considère que la modification du manuel de conduite pour attirer l'attention des conducteurs sur les précautions d'utilisation du manipulateur TM 606, ne lui semble pas la meilleure façon d'informer rapidement les conducteurs, qui ne sont pas dotés de ces manuels (puisque ceux-ci sont placés sur les engins moteurs) et ne les consultent qu'en tant que de besoin.

4.13- Mesures prises à la suite de l'accident

4.13.1- Mesures prises à l'égard du conducteur

Le conducteur a été retiré du service de conduite temporairement.

4.13.2- Mesures prises au niveau régional

Rappel de sensibilisation auprès de tous les conducteurs.

4.13.3- Mesures prises au niveau national

Outre l'ensemble des mesures prises en 2006, la Direction de la Traction a décidé :

- l'intégration de la notion d'épuisabilité possible du frein dans le programme des journées de formation continue des conducteurs,
- l'apposition d'une étiquette d'attention sur les pupitres de conduite (ne pas laisser la commande de frein sur la position « réarmement ») (annexe 12),
- la fourniture d'une note explicative aux conducteurs,
- le développement d'un module d'enseignement assisté par ordinateur portant sur le fonctionnement du manipulateur TM 606 et du distributeur associé,
- le durcissement du cran de réarmement du manipulateur de frein TM 606 (demande

exprimée auprès de la Direction du Matériel) afin d'éviter les cas de position molle,

- la proposition d'abaisser le seuil de la vitesse de déblocage des portes,
- la mise en place, dans chaque établissement concerné, de cadres Traction (CTT) « référents TM 606 » formés par la Direction de la Traction,
- la création d'une pratique professionnelle observable en situation (PPOS) : « connaît et respecte les règles d'utilisation du manipulateur de frein TM 606 ». Cette PPOS est à évaluer pour tous les conducteurs concernés par les « dirigeants de proximité ligne » avant la fin de l'année 2007.

5- Compte rendu final de la chaîne des évènements

5.1- Préparation et départ du train 117 120 Château-Thierry - Paris

A Château-Thierry, le conducteur devant assurer le train 117 120 prépare sa rame constituée des éléments Z2N n° 161A et 166A. Depuis sa cabine de conduite, il réalise notamment les essais de fonctionnement du frein : ceux-ci se révèlent positifs, les 16 bogies de la rame serrant et desserrant correctement en fonction de la commande du conducteur.

Le train 117 120 part à l'heure (07h02) de la gare de Château-Thierry. Il effectue correctement les arrêts intermédiaires jusqu'à la gare de Meaux.

5.2- Etape Meaux / Paris du train 117 120

Le train 117 120 subit un stationnement prolongé en gare de Meaux ,du fait de difficultés de circulation en aval. Le départ de cette gare s'effectue avec un retard de 16 minutes. Après avoir circulé à contre-sens sur voie 1 pour dépasser un train en difficulté en gare d'Esbly, le train 117 120 reprend la voie 2 au pk 35,4 et circule à « voie libre » à la vitesse de ligne et de l'engin (140 km/h).

Pour aborder l'avant-gare de Paris-Est, le conducteur réalise une séquence de ralentissement jusqu'au pk 2,0 pour respecter la zone « 30 km/h » commençant au pk 1,039. Pour ajuster sa vitesse, le conducteur place progressivement son manipulateur de frein sur la position de plus faible dépression, à proximité de la « position réarmement » ou même contre cette position. Le maintien du manipulateur de frein contre la position « réarmement » depuis le pk 2,000 n'a pas permis de réalimenter en air les équipements de frein (par passage du robinet de frein sur la position « marche »).

Le train aborde les quais de la gare de Paris-Est par la voie 21. La dernière balise KVB située 27 mètres en amont du heurtoir enregistre une vitesse de circulation de 10 km/h pour une vitesse autorisée en ce point de 12 km/h.

Pour éviter le déblocage des portes voyageurs et éviter que ceux-ci ne descendent en marche du train, le conducteur s'efforce, selon un « geste métier », de rouler à une vitesse supérieure à 6 km/h.

Le conducteur aperçoit sur le quai de la voie 21 des agents de la Surveillance Générale attendant l'arrivée du train pour intervenir vis à vis de voyageurs en infraction. Ces agents, situés à environ 30 m du heurtoir à proximité du poteau n°5, font signe au conducteur qui leur répond par un signe de la main droite (la main manipulant normalement la commande de traction).

A une quarantaine de mètres du heurtoir, le conducteur déclenche son freinage final, selon sa déclaration recueillie le lendemain de l'accident. A noter que lors de l'élaboration de l'arbre des causes, puis lors de la poursuite de l'enquête interne sur les causes possibles de l'accident, le conducteur a dit avoir commandé son freinage juste après avoir salué les agents de la Surveillance Générale présents sur le quai.

Parmi les repères fréquemment utilisés par les conducteurs de Paris-Est lors de leur approche finale en gare de l'Est, on peut citer les deux pendules se situant sur les quais. Les conducteurs roulent à 30 km/h depuis le pk 1,039 ; en arrivant en début de quai, ils commandent un freinage de manière à se trouver aux alentours de 20-25 km/h à la première pendule, puis à descendre progressivement à une vitesse d'environ 10 km/h – cette vitesse de 10 km/h est inférieure à celle détectée par la dernière balise KVB (12 km/h) et supérieure à celle de déblocage des portes (6 km/h). La seconde pendule, qui se situe à environ 55 m du heurtoir, sert de repère visuel pour gérer cette décroissance de vitesse entre 30 km/h et 10 km/h. En effet, la balise KVB se situant en aval de cette deuxième pendule ne provoque pas de prise en charge du conducteur si la vitesse à ce

moment-là est inférieure à 12 km/h. A l'approche de la fin du quai, les conducteurs ajustent ensuite leur freinage final (pour passer de 10 km/h à l'arrêt) de façon à s'arrêter avant le heurtoir avec souplesse de manière à ne pas secouer la clientèle (geste métier).

Toujours selon ses déclarations, le conducteur estime l'effort de retenue notoirement insuffisant et, par un « geste réflexe », tire le manipulateur de frein vers lui en position de serrage à fond. Malgré la mise en oeuvre du « serrage à fond » par le conducteur, le choc contre le heurtoir de fond de voie se produit ; la vitesse d'accostage a été estimée entre 4 km/h et 5 km/h.

Le freinage d'urgence n'a pas été déclenché.

Les essais pratiqués postérieurement sur la rame impliquée ont montré que la performance de freinage en serrage à fond, si le frein a été partiellement « épuisé », est de l'ordre de 22 mètres. En freinage d'urgence (par enfoncement du bouton poussoir d'urgence), la distance d'arrêt est contenue sur 15 mètres. On en déduit que le freinage n'a pas été déclenché 40 mètres avant le heurtoir, mais plus tardivement. Même avec le frein « partiellement épuisé », en déclenchant le freinage final en serrage à fond, certes avec retard mais au moins 22 mètres avant le fond de voie, le train s'arrêtait correctement. Et dans toutes les situations de capacité de freinage, en déclenchant le freinage final en urgence, certes avec retard mais au moins 15 mètres avant le fond de voie, le train s'arrêtait également correctement.

5.3- Les conséquences du choc et les risques encourus

Les conséquences humaines et matérielles sont décrites au paragraphe 2.3. Si la vitesse d'accostage du train contre le heurtoir avait été plus importante que les 4 à 5 km/h évalués, le nombre de blessés aurait été probablement plus important et les blessures peut-être plus sérieuses. En tout état de cause, si la vitesse d'arrivée du train avait été supérieure à 11 km/h lors du passage de la dernière balise KVB (27,3 mètres avant le heurtoir), le freinage d'urgence se déclenchait et l'arrêt était obtenu avant le heurtoir.

Certaines gares en cul de sac sont équipées de dispositifs ralentisseurs (de type sabots enrayeurs) en amont des heurtoirs (cas de la gare de Paris-Montparnasse), ce qui n'est pas le cas de la gare de Paris-Est. Le train 117 120 du 05 avril 2007 aurait subi un ralentissement supplémentaire dans ses derniers mètres, ce qui aurait peut-être réduit le nombre de victimes à défaut d'éviter le choc final.

6- Analyse et orientations préventives

L'examen des conditions de l'arrêt brutal de ce train amène à rechercher les orientations préventives utiles dans les domaines suivants :

- l'utilisation du frein par les conducteurs,
- la sensibilisation des conducteurs à certains risques de conduite,
- l'amélioration des performances de freinage des rames Z2N,
- la réduction des risques liés à un accostage brutal sur heurtoir de voie en impasse..

6.1- Utilisation du frein par les conducteurs.

Le conducteur impliqué a commencé sa formation à la conduite sur la Région de Paris Saint-Lazare, sur du matériel Z2N, puis de façon marginale sur des rames tractées/poussées par des locomotives BB 17000 équipées d'une commande de frein de type « PBL2 ». Lors de sa mutation sur la région de Paris-Est, ce conducteur a été formé à la conduite des rames MI2N (matériel exploité aussi bien par la RATP sur la ligne A du RER que par la SNCF sur les lignes du RER E Eole). La particularité de ces matériels MI2N est d'être équipés d'une « conduite générale électrique », d'un manipulateur unique assurant aussi bien la traction que le freinage ; la position extrême en freinage du manipulateur correspond au freinage d'urgence ; le pupitre de conduite des MI2N comporte aussi un bouton poussoir d'urgence, par souci d'homogénéité avec les autres matériels ferroviaires « classiques ». Ce bouton poussoir d'urgence émet un ordre identique à celui correspondant au manipulateur en position « freinage d'urgence ».

Lors de son parcours final, le conducteur, se rendant compte que l'arrêt de son train avant le heurtoir devenait difficilement réalisable, déclenche le freinage maximum selon son estimation. Pour ce faire, il place la poignée du manipulateur de freinage, sur laquelle repose sa main gauche en permanence, en position extrême, c'est-à-dire en position « serrage à fond ». Or l'effort maximum de retenue dans le plus bref délai est obtenu en retirant la main gauche du manipulateur de frein et en enfonçant le bouton rouge « poussoir d'urgence ».

Ce n'est pas ce geste qu'il aurait dû avoir pour déclencher le freinage d'urgence aux commandes d'une rame MI2N : il doit alors simplement tirer son manipulateur de traction-freinage en position extrême, sachant que sa main est toujours en contact avec ce manipulateur (les rames MI2N possèdent en outre le même robinet d'urgence que les autres matériels).

Conclusion : il est possible que le conducteur ait, par réflexe, placé la poignée en « serrage à fond », en pensant obtenir un serrage d'urgence comme cela aurait été le cas sur le matériel MI2N, qu'il conduisait également par ailleurs.

Il est donc nécessaire que les conducteurs de matériels Z2N (ainsi que de tous les matériels équipés de la commande de frein linéaire TM 606) soient fortement sensibilisés à ces particularités, tant par leurs moniteurs lors des formations initiales que dans leurs documents de référence.

Au plan de la conception des matériels roulants ferroviaires, et compte tenu du retour d'expérience positif concernant les matériels de type MI2N pour la partie frein, il semble judicieux que les futurs automoteurs soient équipés de manipulateurs de frein intégrant directement la position « serrage d'urgence ».

Recommandation R1 (SNCF) : renforcer la sensibilisation des conducteurs de matériels automoteurs sur les différentes particularités de la commande du frein, notamment pour les « serrages à fond » et les « serrages d'urgence », cette action devant se traduire dans les

référentiels et dans le contenu de la formation continue.

<u>Recommandation R2 (SNCF)</u> : pour la conception des futurs matériels automoteurs, concernant la partie « système de freinage », retenir une configuration du manipulateur de frein intégrant la commande de serrage d'urgence comme en sont équipés les automoteurs modernes (MI2N, AGC, Z-TER).

6.2- Sensibilisation des conducteurs à certains risques de conduite

Constat : le conducteur, indépendamment d'un déclenchement tardif de son freinage final, n'a pas mis en oeuvre le geste métier approprié dans cette circonstance ; en outre, la « gestuelle frein » que ce conducteur a mis en oeuvre dans les deux derniers kilomètres n'aurait pas permis de réalimenter correctement les équipements de frein.

Cette « gestuelle frein » (manoeuvres trop rapprochées de desserrage-serrage sans provoquer de réalimentation en air des équipements de frein) a provoqué dans le passé plusieurs situations d'incidents qui ont été recensées sur le réseau ferré national. Dès mars 2006, la Direction Métier (Traction) a sensibilisé les établissement Traction (annexe 6) en s'adressant à leur encadrement, pour mettre en exergue les mauvaises pratiques dans la commande du frein pneumatique et rappeler les règles d'une bonne manipulation. Une nouvelle sensibilisation (novembre 2006, annexe 7) comportant un chapitre pédagogique développé a été émise. Ces conseils à l'égard de l'encadrement traction devaient aboutir, vis-à-vis des conducteurs, à des actions de conseils lors des accompagnements en ligne et à des explications spécifiques lors des « journées de formation continue » en salle. Or, à la date du 05 avril 2007, le conducteur impliqué n'avait aucunement été sensibilisé à ces particularités dans la commande du frein.

Enfin, et de manière plus fondamentale, le Manuel de Conduite Z2N, qui est le document d'exécution de référence du conducteur de Z2N, n'avait toujours pas reçu à la date du 05 avril 2007, le rectificatif décidé par la Direction Métier pour insister sur la bonne pratique à mettre en oeuvre dans l'utilisation du frein linéaire TM 606.

<u>Recommandation R3 (SNCF)</u> : améliorer la réactivité des enseignements sécurité du retour d'expérience : raccourcir le délai de mise en oeuvre des rectificatifs aux manuels de conduite, notamment lorsque le sujet concerne une fonction de sécurité telle que le freinage ; raccourcir le délai de mise en oeuvre des actions de sensibilisation auprès des conducteurs, sur des sujets très concernés par la sécurité des circulations (thèmes traités lors des accompagnements en ligne et lors des journées de formation continue).

6.3- Amélioration de la performance de freinage des rames Z2N

Constat : au moment de l'accident, la rame comportait un bogie non freiné, ce qui réduisait légèrement sa performance de freinage. Cette situation n'était pas détectée lors des essais de frein périodiques au moment de la préparation initiale de la rame. En outre, cette situation perdurait depuis plusieurs semaines.

Lors des essais d'investigation, la cause identifiée se révélait être une légère fuite au bouchon de piquage du réservoir de commande de la remorque concernée. Ce bouchon de piquage sert, en maintenance, à connecter le manomètre de mesure de la pression au niveau du réservoir de commande du véhicule concerné. Une fois les mesures réalisées, le bouchon doit être revissé en interposant un joint neuf d'étanchéité et en pratiquant un serrage adapté. Un système de « raccord rapide » se révélerait plus fiable dans une telle configuration.

Pour les matériels roulants futurs et pour la mesure de pression en maintenance des différentes capacités en air comprimé, prévoir un système de raccords rapides et non pas des bouchons vissés avec joints.

6.4- Réduction des risques liés un accostage brutal sur heurtoir de voie en impasse

6.4.1- Problématique de la vitesse d'entrée des trains dans les gares en cul de sac

Le conducteur se trouve, dans ces situations, sous une double contrainte de respect des vitesse :

- aborder le quai d'arrivée à une vitesse faible, inférieure à la vitesse de contrôle de la dernière balise KVB (12 km/h),
- en abordant le quai d'arrivée, rouler à une vitesse supérieure à la vitesse de déblocage des portes voyageurs, pour éviter que les voyageurs ne tentent de descendre du train avant son arrêt. Dans le cas présent, le seuil de vitesse est de 6 km/h,
- réaliser un arrêt du type « tir au but », sans marge, contrairement aux gares de passage.

La marge de manoeuvre du conducteur est donc réduite et l'on conçoit que cela constitue un élément « facteur humain » à prendre en compte. Cette contrainte a pesé particulièrement ce jour-là où le train était très en retard et surchargé (au delà de la charge normale) et où le conducteur a réalisé un parcours optimisé aux vitesses maximales permises, ayant permis de rattraper cinq minutes (5 mn / 31 mn = 16%, ce qui représente une performance de conduite).

Au plan technique, il semblerait possible de modifier, dans le système tachymétrique gérant le blocage des portes voyageurs, les paramètres liés à la vitesse et de permettre un déblocage autour de 3 km/h ; d'où la recommandation :

Recommandation R4 (SNCF) : sur les matériels automoteurs Z2N, étudier la faisabilité de réduire le seuil de vitesse en-dessous duquel les portes d'accès voyageurs se débloquent avant l'arrêt du train. Si la faisabilité est avérée, modifier l'ensemble du parc des automoteurs Z2N.

6.4.2- Situations où le choc est inévitable (réduction de la violence du choc)

Constat : Le conducteur du train 117 120 du 05 avril 2007 n'a pas réalisé correctement son arrêt final dans les voies en cul de sac de la gare de Paris-Est. Ces voies présentent une légère déclivité en direction des heurtoirs. Le train a accosté brutalement le heurtoir de la voie 21, à une vitesse estimée de 4 à 5 km/h, le heurtoir étant constitué d'un gros bloc de béton protégé par une traverse en bois. La brutalité de cet arrêt est la cause des blessures occasionnées aux voyageurs.

Pour remédier à cette situation, certaines gares en cul de sac présentant une déclivité vers les heurtoirs, telle la gare de Paris-Montparnasse, ont les rails équipés de taquets glissants positionnés quelques mètres avant le heurtoir ; l'effort de retenue est en général suffisant pour éviter qu'une rame en dérive ne vienne heurter le fond de voie. Même si leur capacité d'absorption est insuffisante pour arrêter un train tel que le 117 120 du 05 avril 2007, la vitesse de contact avec les heurtoirs peut être réduite et en conséquence les dommages peuvent être limités en cas de choc à faible vitesse, comme c'est le cas lorsque la balise KVB d'accostage n'a pas déclenché de freinage d'urgence.

Recommandation R5 (RFF, SNCF) : étudier pour les voies de la gare de Paris-Est réceptionnant des trains constitués de rames Z2N, la pertinence et la faisabilité de la mise en place d'un système permettant d'absorber une proportion significative de l'énergie d'un train arrivant au heurtoir à faible vitesse.

7- Conclusions

7.1- Identification des causes et facteurs associés ayant concouru à l'accident

Dans cet accident, l'infrastructure ferroviaire ne comporte aucun défaut et ses installations « actives » (signalisation, système de contrôle de vitesse par balise) ont fonctionné correctement.

Les causes identifiées de l'accident sont les suivantes, en utilisant pour les classer, la terminologie de l'annexe 5 de la directive sécurité ferroviaire :

7.1.1- Causes directes

Les causes directes et immédiates de cet accostage brutal sont les suivantes :

- la réalisation d'un freinage tardif,
- l'omission de l'utilisation du freinage d'urgence.

Deux autres facteurs ont pu dégrader les performances de freinage ou accentuer les conséquences du choc :

- la très probable perte d'efficacité en freinage d'un bogie parmi les seize,
- la rigidité des heurtoirs de fond de voie de la gare de Paris-Est qui a accru la brutalité du choc supporté par les voyageurs.

Un doute peut subsister sur la qualité de la manipulation du frein qui n'a peut-être pas fait l'objet d'une réalimentation suffisante par le conducteur.

7.1.2- Eléments de contexte

Le processus de diffusion par la SNCF du retour d'expérience sur les pratiques de manipulation du frein des automotrices Z2N a pris beaucoup de temps pour toucher l'ensemble des conducteurs concernés.

7.2- Rappel des recommandations

Les recommandations formulées concernent cinq domaines :

Les référentiels de conduite et le contenu des programmes de formation continue.

Recommandation R1 (SNCF) : renforcer la sensibilisation des conducteurs de matériels automoteurs sur les différentes particularités de la commande du frein, notamment pour les « serrages à fond » et les « serrages d'urgence », cette action devant se traduire dans les référentiels de conduite et dans le contenu de la formation continue.

Le système de freinage des futurs matériels automoteurs.

Recommandation R2 (SNCF) : pour la conception des futurs matériels automoteurs, concernant la partie « système de freinage », retenir une configuration du manipulateur de frein intégrant la commande de serrage d'urgence comme en sont équipés les automoteurs modernes (MI2N, AGC, Z-TER).

La diffusion du retour d'expérience.

Recommandation R3 (SNCF) : améliorer la réactivité des enseignements sécurité du retour d'expérience : raccourcir le délai de mise en oeuvre des rectificatifs aux manuels de conduite, notamment lorsque le sujet concerne une fonction de sécurité telle que le freinage ; raccourcir

le délai de mise en oeuvre des actions de sensibilisation auprès des conducteurs, sur des sujets très concernés par la sécurité des circulations (thèmes traités lors des accompagnements en ligne et lors des journées de formation continue).

Le seuil de vitesse de blocage-déblocage des portes voyageurs.

Recommandation R4 (SNCF) : sur les matériels automoteurs Z2N, étudier la faisabilité de réduire le seuil de vitesse en-dessous duquel les portes d'accès voyageurs se débloquent avant l'arrêt du train. Si la faisabilité est avérée, modifier l'ensemble du parc des automoteurs Z2N.

L'équipement en système amortisseur des fonds de voies en impasse.

Recommandation R5 (RFF, SNCF) : étudier pour les voies de la gare de Paris-Est réceptionnant des trains constitués de rames Z2N, la pertinence et la faisabilité de la mise en place d'un système permettant d'absorber une proportion significative de l'énergie d'un train arrivant au heurtoir à faible vitesse.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



BEA-TT **2007-004**

ministère
des Transports
de l'Équipement
du Tourisme
et de la Mer



Conseil général
des Ponts
et Chaussées
Bureau d'Enquêtes
sur les Accidents de
Transport Terrestre
Le Directeur

DECISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre ;

Vu la loi n° 2002-3 du 3 janvier 2002 modifiée relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport et notamment son titre III sur les enquêtes techniques ;

Vu le décret n° 2004-85 du 26 janvier 2004 relatif aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre ;

Vu le décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire ;

Vu les circonstances de l'accident survenu à Paris, à la gare de l'Est, le 5 avril 2007 ;

DECIDE

Article 1 : Une enquête technique, effectuée dans le cadre du titre III de la loi n° 2002-3 du 3 janvier susvisée, est ouverte concernant le choc d'un train contre un heurtoir survenu le 5 avril 2007 en gare de l'Est à Paris.

Fait à Paris, le 5 avril 2007

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

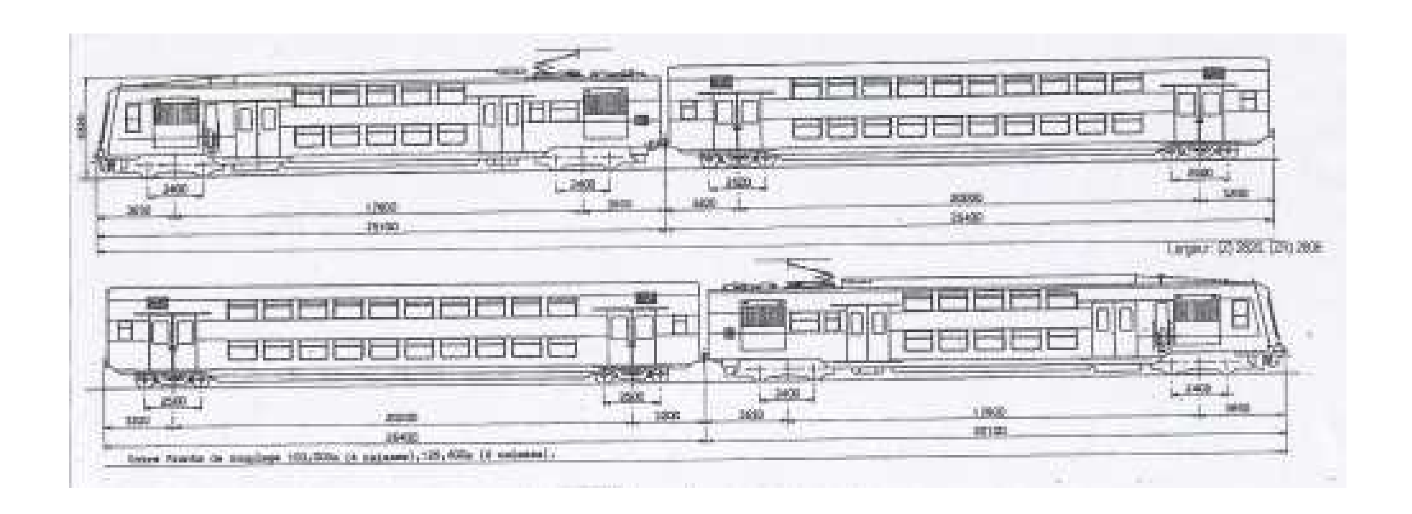
Jean Gérard KOENIG

Tour Pascal B
92055 La Défense cedex
téléphone :
01 40 81 23 27
télécopie :
01 40 81 21 50
courriel :
Cgpc.Beatt
@equipement.gouv.fr

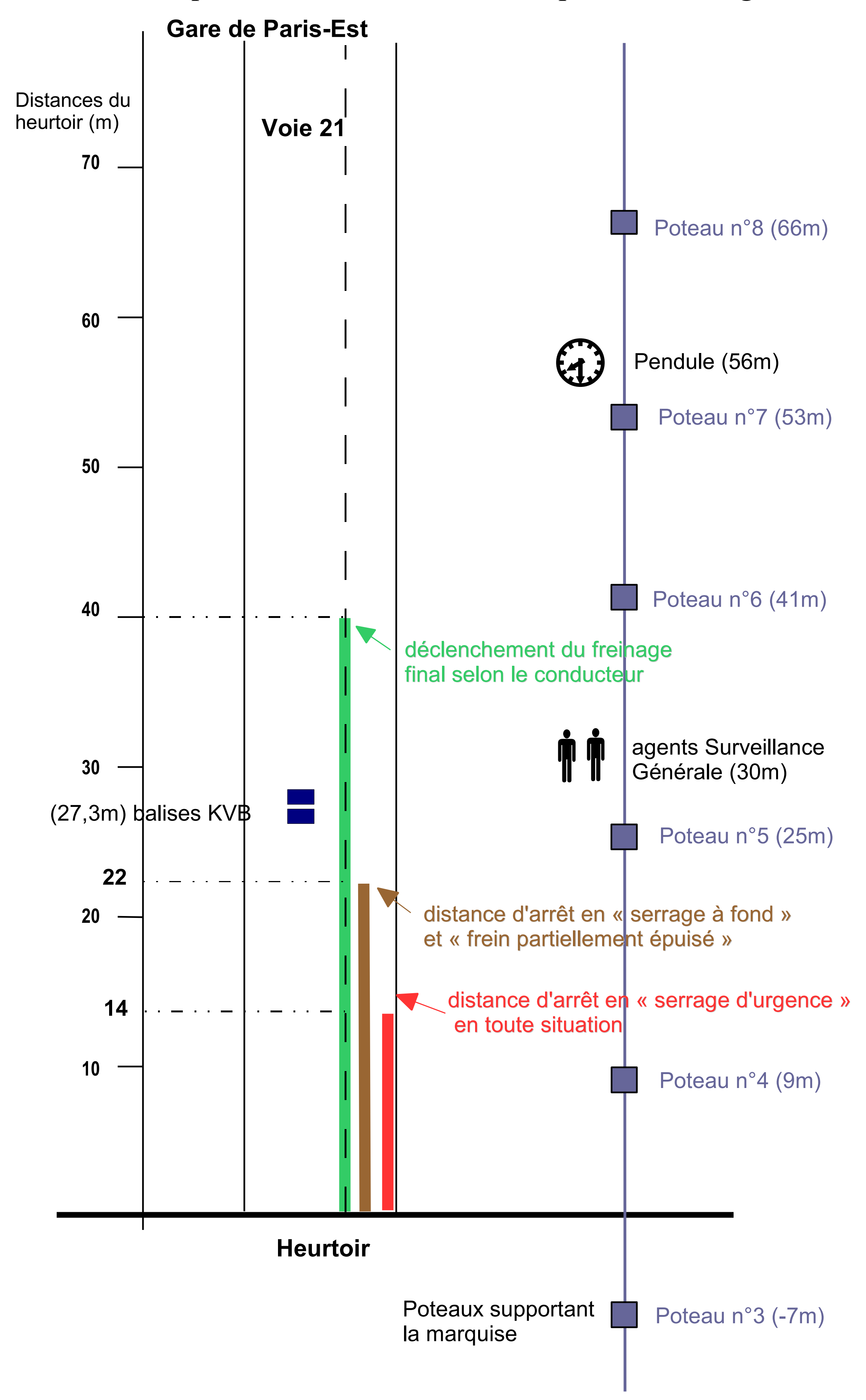
Annexe 2 : Elément automoteur en contact au heurtoir de la voie 21 (Paris-Est)



Annexe 3 : Diagramme de l'élément automoteur Z2N 20 500



Annexe 4 : Repère des distances caractéristiques voie 21 en gare de Paris-Est



Annexe5 : Fiche de traçabilité des tests frein TS 36

Document de référence : ITM 48 203. B / 19/10/2005

Date : 20 avril 2007

Rame 161A.

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Motrice 20 821				
Mise en service du robinet du mécanicien	Manette amovible	1	C	C
	Fonctionnement mécanique du manipulateur de freinage.	2	C	C
	Contrôle des circuits doubles de commande	3	C	C
Manomètres des circuits pneumatiques	Valeurs relevées CP	4	0,05 bar	0 bar
	Valeurs relevées CG	5	0 bar	0 bar
	Valeurs relevées RE	6	0,05 bar	0,010 bar
Détendeur pilote	Pression CG	7	5 bar	4,99 bar
Étanchéité RP CP	Baisse de pression	8	----	0,15 bar
Boutons poussoir d'urgence	BP urg côté conducteur	9	C	C
	BP urg côte aide-c.	10	C	C
Intercommunication pneumatique SAP	Essai de fonctionnement	15	C	C
Frein d'immobilisation pour essais de frein (FIEF)	Absence de traction	16	C	C
	Reprise de traction	17	C	C
	FIEF	18	NC	NC
	Contrôle frein serré	19	C	C
	Contrôle frein desserré	20	C	C
	Contrôle de l'essai de frein avec agent seul.	21	C	C
	Indicateur de frein	22	C	C
Robinet frein de secours	Étanchéité du manipulateur	23	0 bar	0 bar
	Étanchéité RE	24	0 bar	0 bar

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Robinet du mécanicien	Poignée en position service : montée à 2,7 bars +0 / - 0,200	25	C	C
	Poignée en position marche : montée à 5 bars +/- 0,050	26	C	C
	Étanchéité de la position neutre	27	0 bar	0,0 bar
	Impossibilité de desserrage en neutre	28	C	C
	Position de serrage au neutre	29	C	C
	Première dépression	30	4,55 bars	4,55 bars
	Plage de freinage de service	31	3,84 bars	3,85 bars
	Freinage à fond	32	C	C
	Retour au réarmement	33	4,65 bars	4,65 bars
	Position marche	34	5 bars	5 bars
	Temps de serrage	36	2 secondes	1,7 secondes
	Temps de desserrage	37	2,2 secondes	2,3 secondes
	Position isolement	38	C	C
	Contrôle de la pression d'enclenchement à 6,6 +/- 0,15 bars	39	6,6 bars	6,5 bars
	Contrôle de la pression de déclenchement	40	C	C
Surcharge	Mise en service	41	C	C
	Élimination	42	2,54 secondes	3,17 secondes
	Interruption par serrage	43	C	C
	Interruption de l'élimination par neutre	44	C	C
	Interruption de l'élimination par serrage	45	C	C
Asservissement traction/freinage	ITM 48 203 essai de déclenchement	46	C	C
	Fascicule TS essai d'enclenchement	47	C	C

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Électrovalves d'antienrayage VE-VA	Absence de signalement de défaut AE sur la rame	48	C	C
	Test lampes du boîtier de signalisation en armoire BT	49	C	C
Conjugaison du frein	Contrôle du fonctionnement de la conjugaison du frein	50	C	C

Motrice paire n° 20 822				
Réservoir de commande	Temps de remplissage du RC	58	2,52 secondes	2,43 secondes
Étanchéité générale frein desserré	Baisse de pression	59	0 bar	0,02 bar
Étanchéité du RC	Baisse de pression	60	0 bar	0 bar
Détendeur grand débit motrice	Pression au réservoir auxiliaire	61	5,3 bars	5,4 bars
Distributeurs	Retour à l'armement	62	C	C
	Sensibilité au serrage	63	C	C
	Insensibilité au serrage	64	C	C
	Pression CF lors d'un serrage maxi	65	3,8 bars	3,8 bars
	Étanchéité du RC en serrage maxi	66	C	C
	Contrôle étalonnage du manomètre CF en cabine	67	0,150 bar	0,080 bar
	Temps de serrage	68	2,9 secondes	3 secondes
	Temps de desserrage	69	7,4 secondes	6,7 secondes
Étanchéité du circuit RA-CF	Baisse de pression	70	0 bar	0 bar
Manostat- d'urgence motrice	Pression de déclenchement	71	3,2 bars	3,2 bars
	Pression d'enclenchement	72	3,5 bars	3,6 bars
Pression des cylindres de frein motrice	Pression CF à 0 bar	73	2,4 bars	2,6 bars
	Pression CF à 3,9 bars +/- 0,050	74	3 bars	2,9 bars
	Pression CF à 5 bars +/- 0,050	75	3,5 bars	3,5 bars
	Pression CF à 6 bars +/-0,050	76	3,9 bars	3,8 bars

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Antienrayage motrice	Vérification de la purge et de l'alimentation des CF	77	C	C
Conjugaison du frein (motrices)	Plage de fonctionnement de l'EV MD 80 mA	78	0,75 bar	0,75 bar
	236 mA	79	3,8 bars	3,95 bars
Dispositifs de purge manuelle	Contrôle de l'état et du fonctionnement.	80	C	C
Robinets	Robinets d'arrêt CP et CG	81	C	C
Robinets d'isolement des panneaux de frein à commande jumelée	Échappement d'air lors de la manoeuvre des robinets	82	C	C
	Dureté anormale– ébranlement-déformation des commandes-traces de choc-système de marquage de position efficace	83	C	C
Prise de diagramme de pression (type Staubli)	Nettoyer et graisser	84	C	C
	Contrôler la présence des chaînettes	85	C	C

Remorque 201 821				
Réservoir de commande	Temps de remplissage du RC	94	4,15 secondes	4 secondes.
Étanchéité générale frein desserrés	Baisse de pression	95	0 bar	0,bars
Étanchéité du RC	Baisse de pression	96	0 bar	0 bar
Distributeur	Retour à l'armement	97	C	C
	sensibilité au serrage	98	C	C
	Insensibilité au serrage	99	C	C
	Pression CF lors d'un serrage maxi	100	3,75 bars	3,75 bars
	Étanchéité du RC en serrage maxi	101	0	0
	Temps de serrage	102	2,8 secondes	2,9 secondes
	Temps de desserrage	103	7,8 secondes	7,9 secondes

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Étanchéité du circuit RA-CF	Isoler le robinet CP-RA (armoire détendeur) et contrôler l'étanchéité du RA	104	0 bar	0 bar
Détendeur grand débit remorque Pression des cylindres de frein remorque	Pression du réservoir auxiliaire	105	5,4 bars	
	Pression CF à 0 bar	106	2,35 bars	2,35 bars
	Pression CF à 2,9 bars +/- 0,050	107	2,7 bars	2,6 bars
	Pression CF à 5,50 bars +/- 0,050	108	4,95 bars	4,7 bars
	Pression CF à 6 bars +/- 0,050	109	5 bars	5,2 bars
Antienrayage remorque	Vérification de la purge et de l'alimentation des CF	110	C	C
Dispositif de purge manuelle	Contrôle de l'état et du fonctionnement	111	C	C
Robinets	Robinets d'arrêt CG, CP	112	C	C
Robinets d'isolement des panneaux de frein à commande jumelée	Échappement d'air lors de la manoeuvre des robinets	113	C	C
	Dureté anormale-ébranlement-déformation des commandes-traces de choc-systèmes de marquage de position efficace	114	C	C
Intervention suite à non conformité	*Bouchon RC desserré à la main*			

Remorque n° 202 821				
Réservoir de commande	Temps de remplissage du RC	136	4,04 secondes	4,19 secondes
Étanchéité générale frein desserré	Baisse de pression	137	0 bar	0 bar
Étanchéité du RC	Baisse de pression	138	0 bar	0 bar

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Distributeur	Retour à l'armement	139	C	C
	Sensibilité au serrage	140	C	C
	Insensibilité au serrage	141	C	C
	Pression CF lors d'un serrage maxi	142	3,85 bars	3,75 bars
	Étanchéité du RC en serrage maxi	143	C	C
	Temps de serrage	144	2,9 secondes	3 secondes
	Temps de desserrage	145	7 secondes	7,06 secondes
Étanchéité du circuit RA-CF	Isoler le robinet CP-RA (armoire détendeur) et contrôler l'étanchéité du RA	146	0,05 bar	0 bar
Détendeur grand débit remorque	Pression du réservoir auxiliaire	147	5,4 bars	
Pression des cylindres de frein remorque	Pression CF à O bar	148	2,35 bars	2,3 bars
	Pression CF à 2,9 bars +/- 0,050	149	2,8 bars	2,7 bars
	Pression CF à 5,5 bars +/- 0,050 bars	150	5 bars	4,72 bars
	Pression CF à 6 bars +/- O,050	151	5,1 bars	5 bars
Antienrayage remorque	Vérification de la purge et de l'alimentation des CF	152	C	C
Dispositifs de purge manuelle	Contrôle de l'état et du fonctionnement	153	C	C
Robinets	Robinets d'arrêt CP-CG	154	C	C
Robinets d'isolement des panneaux de frein à commande jumelée.	Échappement d'air lors de la manoeuvre des robinets	155	C	C
	Dureté anormale, ébranlement- déformation des commandes-traces de choc-système de marquage de position efficace	156	C	C

Motrice 20 822				
Réservoir de commande	Temps de remplissage du RC	178	2,53 secondes	2,50 secondes

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Étanchéité générale frein desserré	Baisse de pression	179	0 bar	0 bar
Étanchéité du RC	Baisse de pression	180	0 bar	0 bar
Détendeur grand débit motrice	Pression au réservoir auxiliaire	181	5,4 bars	5,37 bars
Distributeurs	Retour à l'armement	182	C	NC
	Sensibilité au serrage	183	C	C
	Insensibilité au serrage	184	C	C
	Pression CF lors d'un serrage maxi	185	3,8 bars	3,88 bars
	Étanchéité du RC en serrage maxi	186	C	C
	Contrôle étalonnage du manomètre CF en cabine	187	0,1 bar	0,2 bar
	Temps de serrage	188	3 secondes	3 secondes
	Temps de desserrage	189	7,4 secondes	7,6 secondes
Étanchéité du circuit RA-CFF-CF	Baisse de pression	190	0,0 bar	0,02 bar
Manostat d'urgence (motrice)	Pression de déclenchement	191	3,2 bars	3,2 bars
	Pression d'enclenchement	192	3,6 bars	3,6 bars
Pression des cylindres de frein motrice	Pression CF à 0 bar	193	2,6 bars	2,6 bars
	Pression CF à 3,9 bars +/- 0,050	194	3,00 bars	3,00 bars
	Pression CF à 5 bars +/- 0,050	195	3,6 bars	3,6 bars
	Pression CF à 6 bars +/- 0,050	196	3,95 bars	3,95 bars
Antienrayage motrice	Vérification de la purge et de l'alimentation des CF	197	C	C
Conjugaison du frein (motrices)	Plage de fonctionnement de l'EV MD - 80 mA	198	0,55 bar	0,65 bar
	- 236 mA	199	3,94 bars	3,80 bars
Dispositifs de purge manuelle	Contrôle de l'état et du fonctionnement	200	C	C
robinets	Robinets d'arrêt CP - CG	201	C	C

Essais de frein en cabine				
Fonction/organe	Contrôles	N° opération	Valeurs relevées	
			paire	impaire
Robinets d'isolement des panneaux de frein à commande jumelée	Échappement d'air lors de la manoeuvre des robinets	202	C	C
	Dureté anormale-ébranlement-déformation des commandes-traces de choc-systèmes de marquage de position efficace	203	C	C
Prises de diagramme de pression (type Staubli)	Nettoyer et graisser	204	RAS	RAS
	Contrôler la présence des chaînettes	205	C	C

Sur toute la rame				
Indicateurs de frein	Protecteur transparent non cassé ou fissuré ou opacifié	214	C	C
	Voyant non décoloré	215	C	C
	Nettoyage du protecteur transparent	216	RAS	RAS
Essais de frein après visite (avec compresseur engin moteur en marche)				
essais	Contrôle de l'étanchéité CG à l'eau savonneuse	217	C	C
	Contrôle de la continuité pneumatique (EFAS)	218	C	C
	Essais de serrage et de desserrage	219	C	

Annexe 6 : Note d'information destinée à l'encadrement Traction

TMS-SY du 30/03/2006

DIRECTION DE LA TRACTION

DEPARTEMENT METIERS SECURITE
DIVISION SYSTEMES
Immeuble Lumière, 40 avenue des terroirs de France
75611 Paris cedex 12



Paris, le 30 mars 2006

NOTE D'INFORMATION DESTINEE A L'ENCADREMENT TRACTION

Z2N ; TER2N-PG ; TER2N-NG : FONCTIONNEMENT ET UTILISATION DU MANIPULATEUR DE FREIN LINEAIRE

Ces 4 derniers mois, des dérives ont été constatées par des conducteurs au cours ou après l'arrêt de leur train dans une gare.
Les automoteurs incriminés ont été rentrés dans leur centre de maintenance et les essais n'ont décelé aucune anomalie d'organes.
L'analyse conduite de ces événements a révélé lors de la lecture de l'enregistreur ATESS que les conducteurs ont effectué **7 serrages-desserrages** successifs **en 72 secondes** pour l'un des événements et **74 secondes** pour l'autre événement.
Ces manipulations abusives du frein conduisent à son épuisabilité surtout si le conducteur ne ramène pas le MPF sur la position « Marche » et le laisse notamment sur le « Cran de réarmement ».

<u>RAPPEL FONCTIONNEL DU ROBINET DU MECANICIEN</u> :

1. Description du robinet de frein type RME13 :
   - Une position « Marche ».
   - Une position « Cran de réarmement ».
   - Une position « Première dépression ».
   - Une plage de « Serrage et desserrage gradué ».
   - Une position « Freinage de service maxi ».
   - Une position « Serrage d'urgence ».

SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS – RCS PARIS B552 049 447



2. Fonctionnement :

- Quand un serrage est effectué depuis une pression CG à 5 bars, le RC se verrouille et reste verrouillé jusqu'au retour du MPF sur la position « Marche ». *Le RCL nous dit à l'article C11.01 dans les principes que la fonction « Marche » assure le desserrage complet des freins.* Si au cours de la modérabilité au desserrage, le conducteur laisse le MPF sur la position du « Cran de réarmement », il déverrouille le RC. La pression de ce dernier dans cette situation va venir s'égaliser avec celle de la CG et il n'y a plus de modérabilité possible. La pression du RC qui sert de référence est devenue plus basse et au serrage suivant, la pression aux CF est moindre. *D'où la prescription du RCL à l'article C13.01 point 1* ***« Terminer l'arrêt en maintenant une pression d'au moins 0,5 bar dans les CF »***. Si ces manipulations sont répétées à l'identique dans un laps de temps réduit, la pression dans le RC finit par être proche de la valeur de la pression CG. *D'où la précision apportée dans le RCL à l'article C13.01 dans les principes qu'une cadence trop rapide des manœuvres alternées de serrage et de desserrage conduit à l'épuisement du frein.*
- En conséquence, **le cran de réarmement ne doit pas être utilisé**. *Par ailleurs l'article C13.01 apporte la précision suivante dans les principes : il faut compter, en moyenne, <u>1 minute en position « Marche »</u> pour réalimenter les équipements de frein.*

3. Utilisation :

- La position « Marche » doit être utilisée pour desserrer complètement les freins et seulement cette position.
- La position du « Cran de réarmement » correspond à une annulation de l'effort de retenue et sert à marquer le dernier palier de desserrage (équivalent au manostat G du PBL2). A ce propos, la fiche UIC 541 dit qu'au dernier palier de desserrage, il ne doit pas s'établir dans la CG, une pression inférieure de moins de 0,250 bar à la pression normale de régime d'où le crantage de cette position.
- L'utilisation de la plage « serrage gradué » pour effectuer une première dépression et la modérabilité tant au serrage qu'au desserrage **sont prescrites** *par le RCL à l'article C13.01 intitulé « le conducteur utilise les freins pour s'arrêter ». Au pavé conditionnel automoteurs portant la marque K :* ***« si le freinage doit être réalisé à une vitesse inférieure à 60 km/h, effectuer une dépression plus importante dans la CG » et « Limiter la modérabilité au desserrage lors de l'ajustement de l'arrêt »***. *De plus, l'article C11.01 dans les principes précise que lorsque la fonction « Desserrage gradué » est utilisée, la pression dans la CG doit rester inférieure de 0,3 bar à la pression initiale existante lors de la 1ère dépression.*



4. Mesures :

1) *Le RCL dit à l'article C13.01 dans les principes, que chaque équipement de frein de véhicule impose, selon le modèle, **une méthode d'utilisation**.* Ce principe est également applicable aux robinets de mécanicien. C'est pourquoi, ces dispositions concernant l'utilisation du robinet de frein linéaire seront reprises dans un prochain rectificatif aux manuels de conduite des matériels concernés.

2) Il est demandé à chaque établissement traction dont les conducteurs sont autorisés à la conduite des Z2N, TER2N-PG et TER2N-NG que les CTT DPx :

- Rappelent au cours de leurs accompagnements les règles d'utilisation du frein comme le prescrit le RCL et qui sont rappelées ci-dessus.
- Effectuent des contrôles sur les engins équipés d'enregistreur ATESS.

En conclusion, l'utilisation du frein, non réglementaire, dans la zone de réarmement ne peut conduire qu'à l'épuisement du frein.

Annexe 7 : Référentiel TMS-SY : robinet de commande du frein TM 606

Diffusion limitée au sommaire pour ce rapport



DIRECTION DE LA TRACTION

DEPARTEMENT METIERS SECURITE
DIVISION SYSTEME
Immeuble Lumière, 40 avenue des terroirs de France
75611 Paris cedex 12
Tél :

Dossier suivi par
Tél :

Messieurs les ETD (Tous)
Messieurs les ACSTR (Tous)
Messieurs les ADQS (Tous)

REF : TMS-SY/2006/n° 103

OBJET : Diffusion de la notice technique frein TM606

PARIS, LE 20 novembre 2006

Au cours de l'année 2006, des incidents de frein décrits comme des insuffisances de freinage ont été signalés. Ceux-ci concernaient des engins équipés de robinet du mécanicien TM-606 (Z2N, TER-2N-NG, ...). L'examen des conditions d'utilisation du TM606 au cours de ces incidents fait apparaître une gestuelle non conforme aux prescriptions du Référentiel Conducteur de Ligne lors des phases de décélération et d'arrêt.

Lors de la réunion technique frein linéaire du 15 juin 2006, le groupe a décidé entre autres d'élaborer et de diffuser, dans un but pédagogique, une notice technique à destination de l'encadrement Traction. Cette Notice Technique :

- Rappelle les principes de fonctionnement et les règles d'utilisation du frein TM606.
- Décrit les principes de fonctionnement du dispositif de verrouillage du réservoir de commande des distributeurs.
- Démontre le principe d'épuisabilité partielle des distributeurs.

Ce document sera décliné en formation initiale et complémentaire par l'encadrement traction auprès des conducteurs des matériels munis du TM606.

Copie à : Liste jointe
Pièce jointe : Notice Technique frein TM606

Référentiel TMS-SY

Notice Technique

INTERNE SNCF
Propriété de la SNCF
Reproduction limitée
Ce document ne doit pas être communiqué en dehors de l'entreprise

Robinet de commande du frein TM606

Édition du 17-11-2006

Applicable dès réception

TMS-SY/2006/n°094

Emetteur : Direction de la Traction
Département TMS-SY
59 62 70



Document propriété de la SNCF

Sommaire

INTERNE SNCF

Préambule

Des pertes partielles d'efficacité du frein se sont produites sur des engins équipés de robinet du mécanicien TM-606 (Z2N, TER-2N-NG, ...).

L'analyse des conditions d'utilisation du TM606 au cours de ces incidents fait apparaître une gestuelle non conforme aux prescriptions du Référentiel Conducteur de Ligne lors des phases de décélération et d'arrêt.

Les valeurs des mesures données dans cette notice technique sont indicatives et peuvent varier selon le type de distributeur. Elles sont utilisées pour illustrer les conséquences des manipulations non conformes.

Cette notice à destination de l'encadrement Traction, est diffusée dans un but pédagogique. Elle ne modifie pas les règles d'utilisation des freins définies dans le référentiel TT-0044 et rappelées dans le RCL.

Objet

Cette Notice Technique :

- Rappelle les principes de fonctionnement du dispositif de verrouillage des RC.
- Démontre le principe d'épuisabilité partielle des distributeurs.
- Décrit les règles d'utilisation du frein qui en découlent et leur application spécifique au robinet de frein TM606.

Terminologie

CF	Cylindre de frein
CG	Conduite Générale
RC	Réservoir de commande
RCL	Référentiel Conducteur de ligne
RE	Réservoir égalisateur



Annexe 8 : Déclenchement des coupe-circuits CC2 (CO)

En ce qui concerne l'armoire basse tension située dans le panneau arrière de la cabine de conduite :

- tous les équipements de sécurité sont en service et plombés ;
- en particulier les coupe-circuits CC2(CO) et CC2(CO)BA sont déclenchés.

Dans un but de fiabilité de fonctionnement le CC2(CO) est associé au CC1(CO), ces 2 coupe-circuits étant alimentés par 2 circuits différents qui protègent les mêmes circuits, dits redondés, relatifs à la traction et au freinage ainsi que le tiroir Emetteur de Consigne (EMC)

L'ensemble de ces fonctions transitent tout au long du train par le coupleur de chaque attelage automatique Sharfenberg.

A noter que si le CC2(CO) qui alimente seul le relais de commande du disjoncteur est disrupté, toutes les lampes du boîtier de signalisation du pupitre de conduite s'allument.

Le coupe-circuit CC2(CO)BA est alimenté par la batterie de la motrice à bord de laquelle il se trouve. Il alimente, via un relais bistable qui se ferme, la commande batterie.

Au niveau du coupleur électrique du Sharfenberg, les contacts de ces 2 coupe-circuits se situent sur la partie latérale gauche. Ce coupleur ayant été enfoncé lors du choc, son capot protecteur a mis en court-circuit les bornes correspondant au CC2(CO) et au CC2(CO)BA, qui de ce fait, se sont ouverts.

Après remplacement en atelier du tiroir EMC, les essais de redondance ont été effectués. Il a été constaté un fonctionnement normal en cas d'ouverture du CC1(CO) et l'allumage de toutes les lampes du boîtier de signalisation du pupitre de conduite en disruptant le CC2(CO), comme prévu dans les instructions du matériel. La rame 161A avait donc, de ce point de vue, un fonctionnement nominal. On ne peut retenir l'interprétation selon laquelle les coupe-circuits CC2(CO) et CC2(BA) étaient initialement disruptés avec le freinage électrique hors service pendant la marche du train 117 120.

Annexe 9 : Préhension du manipulateur de frein



Annexe 10 : Agents de la Surveillance Générale attendant l'arrivée du train (parcours de reconstitution le 13 avril 2007)



Annexe 11 : Manipulateur de frein linéaire TM 606



Annexe 12 : Ordre de modification du matériel



DIRECTION DE LA TRACTION

DEPARTEMENT METIERS TMS

Division TMS SY

Immeuble Lumière, 40 avenue des Terroirs de France

75611 Paris cedex 12

Dossier suivi par

Tél

Messieurs les Directeurs d'Etablissement Traction,

REF : TMS-SY 2007-057

OBJET : Application des OM N° 49 Q3 005 (Z2N) et N° 49 Q3 006 (TER2N pg et ng) « Manipulateur de frein TM 606 »

PARIS LE : 25 MAI 2007

Suite aux réunions techniques issues d'un GT sur l'utilisation du robinet du mécanicien, un Ordre de Modification (OM) N° 49 Q3 005 pour les Z2N « Manipulateur de frein TM 606 » et un Ordre de Modification (OM) N° 49 Q3 006 pour les TER2N pg et ng « Manipulateur de frein TM 606 » seront mis en œuvre à partir de la semaine 22.
Cette modification consiste en la mise en place d'un autocollant sur la platine du TM 606 (voir note jointe).
Elle ne change en rien l'utilisation du frein mais indique visuellement aux conducteurs que le manipulateur de frein se trouve sur le cran de réarmement, position sur laquelle ils ne doivent pas rester conformément à la note d'information de TMS-SY de mars 2006.
Je vous demande de prendre les mesures nécessaires (communication, formation...) afin d'en informer les conducteurs.

Le Chef de Département Métiers-Sécurité

Copie à :

Chef du Département MT
Directeur de l'EMM de St Pierre des Corps
Chef de Division TMS-SY
Chef de Division TMS-RF

DIRECTION DE LA TRACTION

DEPARTEMENT METIERS TMS

Division TMS SY

Produit Banlieue-Automoteurs

Immeuble Lumière, 40 avenue des Terroirs de France

75611 Paris cedex 12

Dossier suivi par :

Tél :



Robinet du mécanicien « TM 606 »

Suite à divers incidents (Châtelet, St Etienne, Gare de Lyon, Cernay, ...), en accord avec la Direction du Matériel, en complément de la note d'information de TMS-SY de mars 2006 et de la notice technique « Robinet de commande du frein TM 606 » TMS-SY/2006/N°094, un autocollant sera mis en place sur la platine du Robinet du mécanicien « TM 606 ».

La zone hachurée Jaune et Noire représente la position du « cran de réarmement ». Lorsque la base du manipulateur de frein coïncide entièrement avec cette zone, le robinet se trouve **sur** le cran de réarmement. **Cette situation est prohibée**.

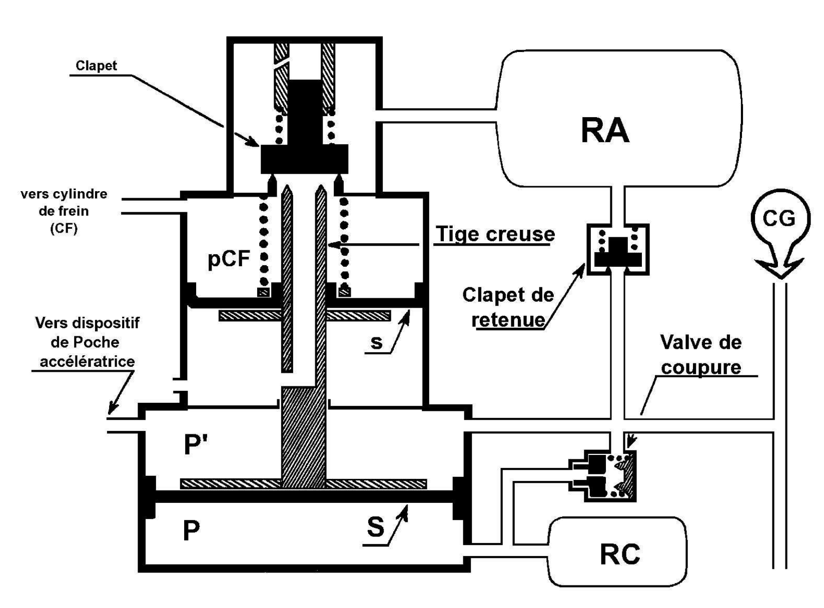
Sur la position « marche » et sur la partie « haute de la zone de freinage » avant le cran de réarmement, la moitié de la base du manipulateur de frein se trouve sur la zone hachurée. Cette situation n'est pas une situation anormale.



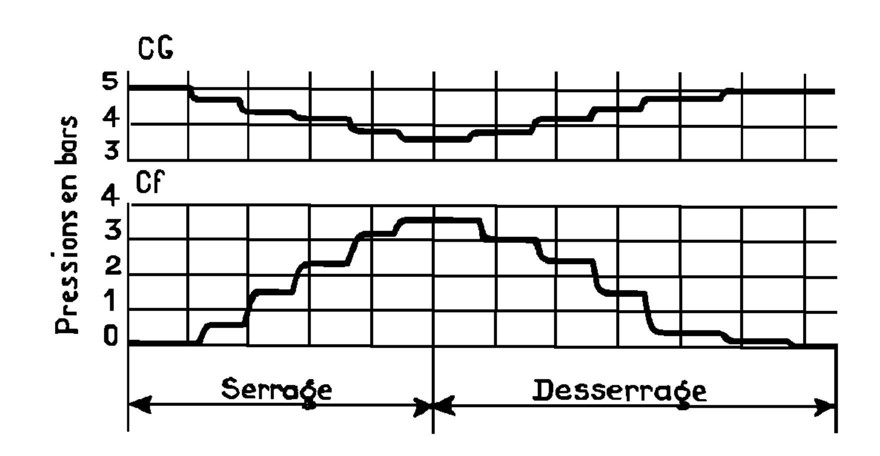

Position instable
arrêt interdit !
7 6 2007

Annexe 13 : Principe de fonctionnement du « distributeur » d'air de l'équipement de freinage ferroviaire

Le schéma ci-dessous représente en coupe l'organe appelé "distributeur" d'air comprimé.



Le distributeur de frein est l'organe qui répartit l'air comprimé en provenance de la CG vers les différents réservoirs d'air (réservoir auxiliaire RA, réservoir de commande RC) et transmet l'air du RA vers les cylindres de frein. Dans la conduite générale d'air comprimé, la pression de référence est 5 bars ; une baisse de pression à partir de cette référence se traduit par une montée en pression de l'air dans les cylindres de frein comme indiqué dans le schéma ci-dessous.



Le rôle des différents constituants du distributeur est précisé ci-dessous :

Tige creuse :

- en position de serrage, elle soulève le clapet et met en communication le réservoir auxiliaire (RA) et le cylindre de frein (CF),
- en position de desserrage, elle met le CF à l'atmosphère par sa partie centrale évidée,
- en paliers de serrage ou de desserrage, elle porte sur le clapet qui prend appui lui-même sur son siège ; les communications du RA avec le CF ou du CF avec l'atmosphère sont interrompues.

Grande membrane (S) : solidaire de la tige creuse, elle reçoit sur sa face supérieure la pression de la CG, sur sa face inférieure la pression du réservoir de commande. Lors d'un serrage, le RC est isolé de la CG par la valve de coupure et reste à la pression d'armement. Sous l'effet de la diminution de pression de la CG, cette membrane se déforme et soulève l'équipage mobile.

Petite membrane (s) : solidaire de la tige creuse, elle reçoit sur sa face supérieure la pression du CF, pendant un serrage ou un palier de serrage. Sa face inférieure est, en permanence, en communication avec l'atmosphère.

Réservoir de commande (RC) : ce réservoir additionnel, d'une capacité de 10 l environ, est en communication constante avec la face inférieure de la grande membrane :

- au cours de l'armement du frein, il est en communication avec la CG par la valve de coupure,
- au cours des serrages, il est isolé de la CG par la même valve de coupure.

A chaque pression dans la CG correspond une pression déterminée dans le CF : P= pression de régime ; P'= pression dans la CG ; pCF= pression dans le CF.

Commentaires pour le serrage des freins :

Dès qu'une variation de pression apparaît dans la CG, le distributeur mémorise la pression de régime dans la CG au moment où la pression dans celle-ci a commencé à chuter, puis commande le serrage des freins en alimentant les cylindres de frein par une pression dont la valeur est proportionnelle à la chute de pression dans la CG. Cette chute de pression CG est déterminée par le distributeur en comparant la valeur courante de la pression dans la CG à la valeur mémorisée au début du freinage.

La mémorisation de la référence de pression (pression de régime dans la CG au moment où la pression commence à chuter) est effectuée par l'intermédiaire du RC. Lorsque les freins sont desserrés (pression CG égale à la valeur de régime de 5 bars), le RC est en permanence en communication avec la CG, et donc sa pression varie en même temps que les légères fluctuations de la pression CG. Lorsque la pression CG chute franchement, la valve de coupure du distributeur se ferme pour emprisonner dans le RC la valeur de la pression CG au début de la variation de cette pression.

La valve de coupure ne réagit néanmoins que lorsque la pression dans la CG varie avec une rapidité suffisante.

Une fois la valve de coupure fermée, la pression dans le RC et la pression dans la CG agissent de part et d'autres de plateaux de l'équipage mobile qui assure le remplissage ou la vidange des cylindres de freins en fonction de la différence de pression entre la pression dans le RC et la pression dans la CG, l'équilibre étant rétabli par action de la pression obtenue dans les cylindres de frein. Ainsi, à partir d'un état d'équilibre, toute baisse de la pression CG provoque un déséquilibre de l'équipage mobile qui conduit à l'augmentation de la pression dans les cylindres de frein par

ouverture du clapet supérieur d'alimentation. A l'état d'équilibre, la tige principale vient obturer son orifice de vidange contre le clapet supérieur, sans pour autant ouvrir celui-ci : la pression dans les cylindres de frein est donc stable.

Commentaires pour le desserrage des freins :

Au contraire du fonctionnement précédent, toute hausse de la pression dans la CG se traduit par un déséquilibre en sens inverse de l'équipage mobile, ce qui se traduit par une fermeture du clapet d'alimentation et une vidange des cylindres de frein par l'intérieur de la tige principale.

Lors du retour de la pression CG à la valeur de régime (freins totalement desserrés), la valve de coupure se rouvre et la pression dans le RC s'égalise à nouveau avec celle dans la CG : la réouverture de la valve de coupure est appelée réarmement du frein, et se produit au plus tard lorsque la pression CG atteint une valeur de 0,15 bar au-dessous de la pression de régime initiale (mémorisée dans le RC).

Annexe 14 : Vue éclatée du manipulateur de frein TM 606

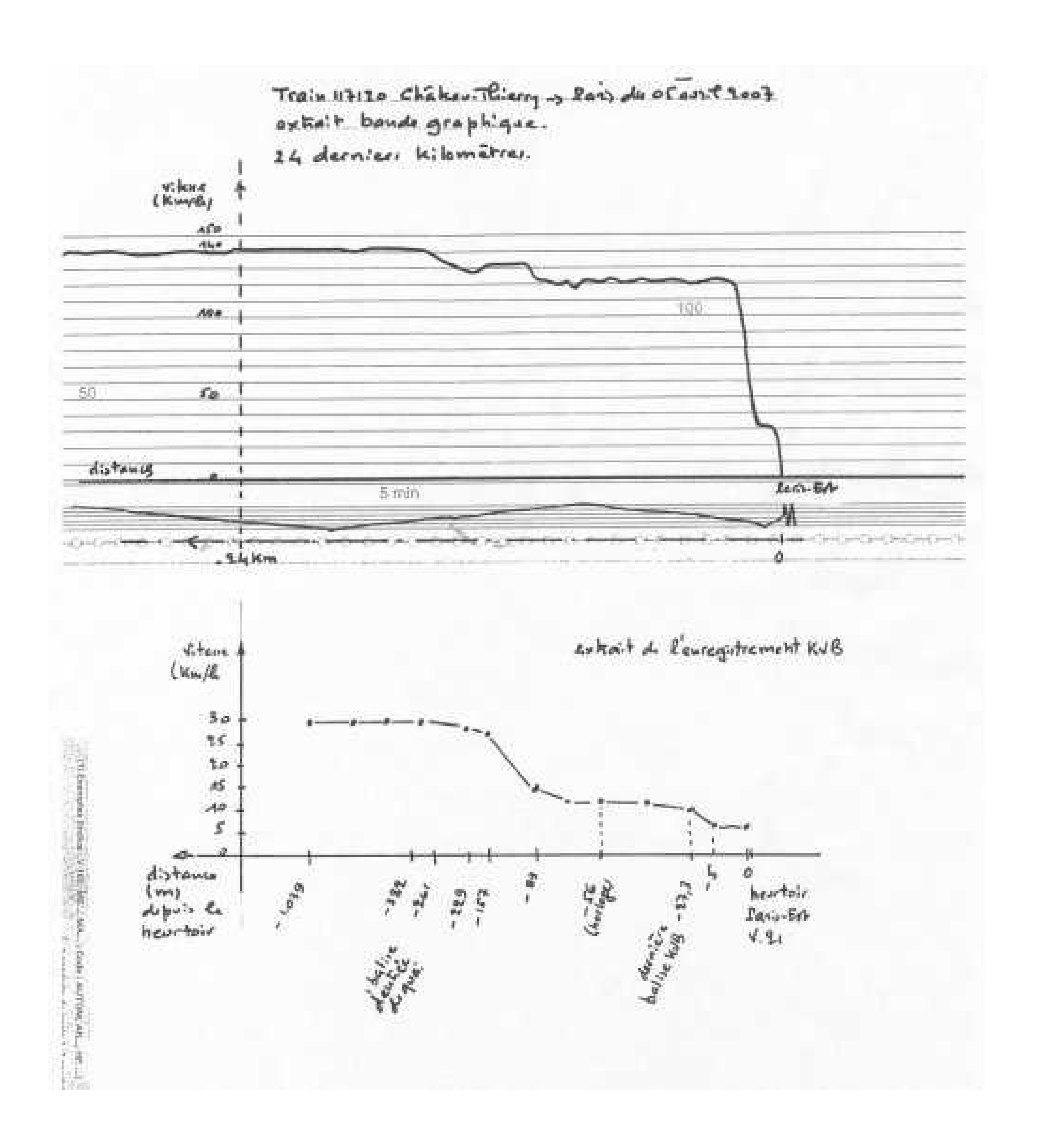


Annexe 15 : Fiche de traçabilité des essais réalisés à l'EIMM de Saint-Pierre-des-Corps sur le manipulateur de frein TM 606

Fiche de conformité n° 7 : manipulateur TM 606 (Z 5600/Z8800/Z20500)								
Manipulateur n° 532				Motif de dépose : expertise.				
Avarie signalée : accident de la gare de l'Est (05/04/2007).								
N° d'ordre Cahier Journal :								
Essais mécaniques								
Moyen utilisé pour les points à contrôler : peson électronique AEP type MP2A.								
	Point à contrôler	Résultat attendu (daN)	Résultat obtenu (daN)	C/NC	Suite donnée si NC	Dernier résultat obtenu en daN	C/NC
C1	Basculement « retrait à service »	1,4<F<2,2	1,8	C			
C2	Basculement « service à neutre »	1,4<F<2,2	1,8	C			
C3	Basculement « neutre à service »	1,4<F<2,2	1,8	C			
C4	Basculement « service à retrait »	1,4<F<2,2	1,8	C			
C5	Effort de crantage de 0 à freinage max de service	1,3<F<3,1	1,8	C			
C6	Glissement de freinage max à réarmement	F<1,6	1,2	C			
C7	Cran de réarmement vers marche	2,3<F<3,7	3,0	C			
C8	Cran marche vers 1ère dépression	0,8<F<1,6	1,5	C			
C9	Cran départ 1ère dépression	1,1<F<2,2	2,1	C			
C10	Glissement 1ère dépression à freinage max de service	F<1,6	0,9	C			
C11	Effort crantage freinage max de service à 0.	3,8<F<5,5	5,4	C			
C12	Glissement crantage sur neutre (entre le crantage 1ère dépression et freinage max de service	F<1,5	1,5	C			
C13	Position retrait Leds 5 et 6 allumées	9,80<U<10	Up1= 9,90 Up2= 9,94	C C			
C14	Position service leds 5,6 et 11 allumées	9,8 <U<10	Up1=9,89 Up2= 9,93	C C			

Fiche de conformité n° 7 : manipulateur TM 606 (Z 5600/Z8800/Z20500)							
C15	Position 1ère dépression leds 1 à 8 et 11 allumés	1,78<u<1,82	Up1= 1,798 UP2= 1,804	C C			
C16	Position réarmement leds 1 à 8 et 11 allumées	0<U<0,10	Up1=0,007 Up2=0,08	C C			
C17	Passage de réarmement sur Neutre	0<U=0,10	Up1=0,009 UP2= 0,011	C C			
C18	Position marche leds 2,4,7,8 et 11 allumées	0<U=0,10	UP1=0,006 UP2=0,007	C C			
C19	Position marche sur neutre leds 2,4,7 et 11 allumées	0<U=0,10	UP1=0,008 UP2=0,009	C C			
C20	Freinage max électrique leds 1 à 8 et 11 allumées	7,14<U<8,14	UP1=7,74 UP2=7,77	C C			
C21	Freinage max de service leds 1 à 8 et 11 allumées.	9,80<U<10	UP1=9,86 UP2=9,92	C C			
Observations							
Date	Nom de l'opérateur				Nom et visa du contrôleur		
04/06/2007	xxx				yyy		

Annexe 16 : Graphique de vitesse de circulation du train 117 120 à l'approche de la gare de Paris-Est





Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

Tour Pascal B
92055 La Défense
cedex
téléphone :
33 (0) 1 40 81 21 83
télécopie :
33 (0) 1 40 81 21 50
mèl :
Cgpc.Beatt@equipement.gouv.fr
web :
www.bea-tt.equipement.gouv.fr